



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA

FACOLTA DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI

CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN: SCIENZE E
TECNOLOGIE PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO
CURRICULUM: SCIENZE DEL MARE (CODICE 5179)

TESI DI DOTTORATO

Sviluppo e applicazione di tecnologie smart per il
monitoraggio e lo studio del Marine litter: caso di studio
in Liguria

Candidato: Sara Costa

Relatore

Prof. Paolo Povero

A.A. 2017-2018

Sommario

1. RIASSUNTO	7
2. INTRODUZIONE	8
2.1. PROBLEMATICHE DEI RIFIUTI MARINI	8
2.2. NORMATIVE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE MARINO	18
2.2.1. Norme per la salvaguardia del mare	18
2.2.2. Norme sui rifiuti marini	21
2.3. STRUMENTI DI CAMPO	25
2.3.1. Sistemi GIS e WebGIS per la gestione del dato ambientale	26
2.3.2. Sistemi Mobile	33
2.3.3. IoT - Internet of things	34
2.4. NORMATIVE SULLA GESTIONE INTEROPERABILE DEI DATI	37
2.4.1. Inquadramento internazionale	37
2.4.2. Inquadramento europeo	38
2.4.3. La direttiva INSPIRE	41
2.4.4. I geoservizi	45
2.5. TEMI ED OBIETTIVI DELLA RICERCA	47
3. MATERIALI E METODI	50
3.1. CRITERI PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE AREE PILOTA	50
3.2. DATI DIMENSIONALI, MORFOLOGICI E DI PORTATA DEI BACINI INTERESSATI	51
3.3. TECNICHE DI MONITORAGGIO DEI RIFIUTI MARINI SULLE SPIAGGE	52
3.4. ANALISI STATISTICA DEI DATI SUI RIFIUTI MARINI SPIAGGIATI	55
3.5. TECNOLOGIE INFORMATICHE	59
3.5.1. Applicazioni per smartphone e dispositivi portatili	60
3.5.2. Database	61
3.5.3. Sistema WebGIS	65
3.5.4. Elaborazione spaziale dei dati - WPS	66
3.5.5. Portale web	70

3.6. SVILUPPO DI WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN) PER IL MONITORAGGIO AMBIENTALE MARINO.	72
3.6.1. Implementazione del nodo della WSN (prototipo-progetto BIMBA)	73
3.6.2. Tecnologia smart per la trasmissione in remoto dei dati	73
4. RISULTATI	77
4.1. IDENTIFICAZIONE AREE PILOTA	77
4.2. CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE PILOTA	79
4.2.1. Siti individuati per il monitoraggio	79
4.2.2. Bacini idrografici di interesse per i siti monitorati	81
4.3. MONITORAGGIO DEI RIFIUTI MEDIANTE IL SISTEMA DI MONITORAGGIO CLASSICO	88
4.3.1. Acquisizione dati	88
4.3.2. Informatizzazione dei dati	88
4.4. ELABORAZIONE DEI RISULTATI DEI MONITORAGGI TRAMITE METODI CLASSICI DI ANALISI STATISTICA	91
4.4.1. Caratterizzazione dei rifiuti	91
4.4.2. Calcolo degli indici di diversità (J') e eterogeneità (H') dei rifiuti per ogni sito	96
4.4.3. Raggruppamento in classi e composizione dei rifiuti	97
4.4.4. Indice di pulizia delle coste CCI	103
4.5. SVILUPPO DI TECNOLOGIE SMART PER UN MONITORAGGIO ALL'AVANGUARDIA	110
4.5.1. Acquisizione dati dei rifiuti spiaggiati tramite app per tablet	110
4.5.2. Implementazione del prototipo BIMBA per identificare le traiettorie dei rifiuti marini (WSN)	113
4.5.3. Sviluppo database per l'informatizzazione e la gestione dinamica dei dati acquisiti	117
4.5.4. Sviluppo di soluzioni web per l'elaborazione spazio temporale dei dati	119
4.5.5. Sito web per la divulgazione ed elaborazione dei dati	126
5. DISCUSSIONE	131
5.1. DALLE VECCHIE ALLE NUOVE TECNOLOGIE A SUPPORTO DEL MONITORAGGIO	131
5.2. CONFRONTO E VALUTAZIONE TRA IL SISTEMA DI MONITORAGGIO CLASSICO E QUELLO SMART TECH .	134
5.2.1. Acquisizione dati	134
5.2.2. Informatizzazione dati	136

5.2.3.	WebGIS - Elaborazione dati	138
5.3.	CARATTERIZZAZIONE DEI RIFIUTI MARINI IN LIGURIA	140
5.4.	L'IMPORTANZA DEI SENSORI WSN PER LO STUDIO DELLA DISTRIBUZIONE DEI RIFIUTI MARINI	147
6.	CONCLUSIONI	148
7.	BIBLIOGRAFIA	150
8.	SITOGRAFIA	161
9.	CODICE SVILUPPATO	162
9.1.	ANALISI STATISTICA DEI DATI (RSTUDIO- VERSION 1.0.153)	162
9.2.	TRASMISSIONE DEI DATI IN REMOTO (LINGUAGGIO WIRED-ARDUINO)	168
9.2.1.	Invio dati dei sensori+GPS al server	168
9.2.2.	Funzione O2	170
9.2.3.	Funzione PH	171
9.2.4.	Funzione Temperatura	172
9.2.5.	Funzione Conducibilità	172
9.2.6.	Funzione GPS/GPRS	173
9.2.7.	Funzione Tempo	176
9.2.8.	Funzione Calcolo	177
9.3.	INTERPOLAZIONE SPAZIALE DEI DATI (XML-PYTHON-R VERSIONE 3.0.1)	178
9.3.1.	GetRasterKrige.zcfg	178
9.3.2.	GetRasterKrige.py	179
9.3.3.	KrigingGrass.R	180
9.4.	ELABORAZIONE DATI IN TEMPO REALE (HTSQL-HTML)	182
10.	ALLEGATI	183
	Allegato 1- scheda identificativa della spiaggia	183
	Allegato 2 – elenco categorie oggetti	184
	Allegato 3 - Scheda Rilevamento Rifiuti sulla Spiaggia	186
	Allegato 4 – Risultati monitoraggi rifiuti	187

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Metadati comuni agli standard INSPIRE, EML e OGC	44
Tabella 2: Campi di metadato aggiuntivi per gli standard EML e OGC	45
Tabella 3: Indice di Pulizia delle Spiagge (CCI) – valori e definizione delle classi di qualità	58
Tabella 4: Anagrafica spiagge monitorate	80
Tabella 5: Dati anagrafica campionamenti	80
Tabella 6: struttura foglio stazione	89
Tabella 7: struttura foglio spiaggia	90
Tabella 8: struttura foglio transetti campionamenti	90
Tabella 9: struttura foglio rifiuti campionati	91
Tabella 10: Valori di R calcolato per ogni spiaggia	93
Tabella 11: indici di diversità e eterogeneità.	96
Tabella 12: Anosim one way e pairwise Tests.	100
Tabella 13: Simper analysis	103
Tabella 14: distribuzione dell'indice di pulizia per ciascuna spiaggia e considerando l'insieme delle spiagge liguri campionate	103
Tabella 15: Turkey post-hoc ANOVA test fattore spiaggia.	105
Tabella 16: Turkey post-hoc ANOVA test fattore transetti	105
Tabella 17: Turkey post-hoc ANOVA test fattore campionamenti	106
Tabella 18: Turkey post-hoc ANOVA test fattore bacino sotteso	107
Tabella 19: Riassunto risultati test ANOVA e Two Sample t-test per tutti i fattori analizzati	109
Tabella 20: tempo e personale a confronto tra i due metodi	136
Tabella 21: vantaggi DBMS vs Archiviazione su file	138
Tabella 22: dati di densità di rifiuti marini in varie parti del mondo	145

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: aree oceaniche di maggior accumulo di rifiuti solidi galleggianti (www.MarineDebris.noaa.gov)	10
Figura 2: i primi 10 oggetti trovati sulle spiagge, principale risultato delle attività di monitoraggio promossa da Ocean Conservancy	10
Figura 3: tempi presumibili di degradazione dei vari rifiuti marini (fonte: NOAA. www.noaa.org)	12
Figura 4: esempio di una tartaruga rimasta impigliata in una rete da pesca (foto: UNEPCAR/RCU, 2008)	13
Figura 5: esempio di contenuto stomacale ritrovato in un uccello marino	14
Figura 6: sostanze inquinanti rilasciate dalle microplastiche	14
Figura 7: esempio di organismi marini rimasti imprigionati nelle reti (UNEP, FAO)	16
Figura 8: esempio di “zattera” utilizzata dagli organismi marini che ne permette lo spostamento	16
Figura 9: Gradiente di complessità ecosistemica crescente delle normative europee sulla salvaguardia dell'ambiente marino (ISPRA, 2009)	19
Figura 10: schema per il conseguimento del buono stato ambientale (GES) (ISPRA, 2008)	22
Figura 11: schema di un Application Service Provider (ASP)	33
Figura 12: struttura di una Wireless Sensor Network (WSN)	36

Figura 13: un geoservizio aggiunge a un sistema WebGIS le capacità di distribuire informazioni geografiche in diverse forme, effettuare ricerche, eseguire elaborazioni spaziali e gestire reti di sensori.	46
Figura 14: schema del procedimento adottato per raggiungere lo scopo del presente lavoro	48
Figura 15 : schema funzionamento Apache Cordova(Phonegap).....	60
Figura 16: esempio di struttura di una entità	62
Figura 17: esempio di struttura di una relazione	62
Figura 18: esempio di diagramma entità-relazione	63
Figura 19: schema di modellizzazione di un database.....	64
Figura 20: esempio di procedura ETL creata mediante l'interfaccia Spoon di GeoKettle	65
Figura 21: l'interpolazione mediante Kriging si basa sull'autocorrelazione della grandezza, cioè l'assunto che la grandezza in oggetto vari nello spazio con continuità.....	69
Figura 22: schema di un semi-variogramma sperimentale.....	69
Figura 23: esempio di interpolazione dei dati mediante Kriging: a) mappa di distribuzione e b) mappa degli errori	70
Figura 24: schema della struttura di Plomino	71
Figura 25: schema struttura HTRAF	71
Figura 26: strumentazione elettronica per la trasmissione dati	76
Figura 27: localizzazione delle 5 spiagge oggetto di campionamento.....	77
Figura 28: localizzazione transetti campionati spiaggia di Varigotti.....	77
Figura 29: localizzazione transetti campionati spiaggia di Vado	78
Figura 30: localizzazione transetti campionati spiaggia di Cogoletto	78
Figura 31: localizzazione transetti campionati spiaggia di Lavagna	78
Figura 32: localizzazione transetti campionati spiaggia di Marinella	79
Figura 33: Dati di portata del bacino del Torrente Quiliano	82
Figura 34: Dati di portata del bacino del Torrente Lerone	83
Figura 35: Dati di portata del bacino del Fiume Entella	85
Figura 36: Dati di portata del bacino del Fiume Magra.....	87
Figura 37: numero di oggetti ritrovati in ogni spiaggia.....	92
Figura 38: percentuale dei rifiuti per macrocategoria (sull'abbondanza degli oggetti trovati).....	92
Figura 39: contributo degli oggetti di Plastica & Polistirene sull'abbondanza totale dei rifiuti suddivisa per spiaggia.	93
Figura 40: distribuzione percentuale dell'abbondanza dei rifiuti per categoria in ciascuna spiaggia.....	95
Figura 41: distribuzione percentuale dell'abbondanza dei rifiuti per micro-categorie in ciascuna spiaggia.....	96
Figura 42: indice J' (sopra) e H' (sotto) per ciascuna spiaggia.....	97
Figura 43: cluster analysis.....	98
Figura 44: nMDS con sovrapposti i valori di similarità secondo i risultati della cluster analysis.....	99
Figura 45: distribuzione del CCI per ciascuna spiaggia.	104
Figura 46: distribuzione del valore di CCI secondo i transetti.	105
Figura 47: distribuzione del valore di CCI per ogni spiaggia secondo i transetti.	106
Figura 48: distribuzione del CCI per ciascun campionamento.	106
Figura 49: distribuzione del CCI per grandezza del bacino fluviale sotteso.	107
Figura 50: distribuzione del CCI per stagione.	108

Figura 51: distribuzione del CCI a seconda della presenza o meno di impatti antropici in vicinanza delle spiagge.	108
Figura 52: distribuzione del CCI a seconda della presenza o meno di foci in vicinanza delle spiagge.	109
Figura 53: schermata iniziale attraverso la quale selezionare l'operatore, la campagna, la stazione e la data.....	111
Figura 54: schermata dell'area di lavoro dell'App dove a sinistra sono visibili i dati di riepilogo e destra la mappa con la posizione dell'operatore rilevata con il GPS.	111
Figura 55: schermata dell'area di lavoro dell'App dove a sinistra sono visibili i dati di riepilogo e destra la mappa con la posizione dell'operatore rilevata con il GPS.	112
Figura 56: schermata dell'area di lavoro dell'App.....	112
Figura 57: struttura prototipo	114
Figura 58: test della struttura in mare.....	114
Figura 59: schema shield Arduino + sensori	115
Figura 60: schema circuito elettronico.....	116
Figura 61: schema circuito stampato	116
Figura 62: schema database.....	118
Figura 63: layer di base dei limiti amministrativi	120
Figura 64: layer informazioni Aree Marine Protette	120
Figura 65: layer informazioni carte tematiche su habitat e sedimenti marini	121
Figura 66: mappa di ricerca dati prototipo.....	122
Figura 67: mappa di ricerca CCI	122
Figura 68: griglia irregolare di punti-stazione nel golfo del Tigullio. Dati di temperatura superficiale.....	123
Figura 69: semi - variogramma sperimentale prodotto dal servizio WPS.....	124
Figura 70: mappa di distribuzione della temperatura superficiale nel golfo del Tigullio.....	125
Figura 71: mappa degli errori riferita ai dati di distribuzione della variabile temperatura superficiale nel golfo del Tigullio.	125
Figura 72: esempio outputs grafici disponibili	126
Figura 73: Portale di accesso alle informazioni e ai dati del progetto di dottorato	127
Figura 74: Accesso dal portale alle mappe del prototipo.....	128
Figura 75: Accesso dal portale alle mappe del prototipo.....	128
Figura 76: Accesso dal portale alle analisi grafiche dei dati	129
Figura 77: Accesso dal portale alle analisi statistiche dei dati.....	130
Figura 78: dati correntometrici raccolti il 2 agosto 2013 a sinistra e 18 dicembre 2013 a destra nell'ambito del progetto europeo FP7 IDREEM.....	142
Figura 79: dati di pioggia riferiti alle ore 9:30 locali del 28 Febbraio 2016.....	142

1. RIASSUNTO

I rifiuti marini (marine litter) rappresentano una delle principali minacce ambientali di questo secolo. La loro presenza può mettere a rischio l'equilibrio degli ecosistemi e delle specie che li abitano. Dallo stato dell'ambiente in cui viviamo dipendono molti aspetti importanti della nostra vita quali la salute, la qualità della vita e l'economia del territorio.

I rifiuti marini costituiscono il Descrittore 10 della direttiva 2008/56/CE, ossia la direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino (MSFD), che prevede il raggiungimento di uno stato ambientale soddisfacente per tutte le acque marine dell'UE entro il 2020. La definizione di un livello accettabile per l'ambiente di questo descrittore e quindi di uno stato ambientale definibile buono, considera che le proprietà e le quantità di rifiuti marini non debbano provocare danni all'ambiente costiero e marino.

Per prevenire la problematica dei rifiuti marini e progettare soluzioni di smaltimento è quindi necessario in una prima fase conoscere la loro quantità e qualità ma anche ricostruire il percorso che ha portato i rifiuti che troviamo in mare e sulle nostre spiagge.

La maggior parte dei "rifiuti marini" è di origine terrestre: a produrli e abbandonarli, volontariamente o accidentalmente, è l'uomo, mentre spesso sono l'acqua e il vento a trasportarli verso il mare.

Il principale obiettivo di questo progetto è quindi proprio quello di definire la qualità, la quantità del marine litter e cercare in una prima analisi di capire il loro destino una volta che raggiungono le acque costiere.

Per raggiungere tale obiettivo il progetto ha previsto una fase di caratterizzazione dell'ambiente fluviale e marino-costiero per studiarne la capacità di accumulo e trasporto anche tramite lo sviluppo di sensoristica automatizzata; una fase di caratterizzazione dei rifiuti marini spiaggiati ed infine lo sviluppo di piattaforme informatiche di ultima generazione (smart technology) per la gestione integrata e l'analisi dei dati raccolti.

Questo approccio integrato può fornire un sistema di supporto decisionale (DSS) per la gestione dei rifiuti marini, permettendo una corretta e più efficace strategia volta alla riqualificazione dei fondali, alla protezione di siti economicamente utili come le aree di balneazione e al controllo in aree marine di pregio ambientale.

2. INTRODUZIONE

2.1. PROBLEMATICHE DEI RIFIUTI MARINI

Con il termine di rifiuti solidi marini (marine litter) si definisce qualsiasi materiale solido persistente (durevole) prodotto dall'uomo e abbandonato nell'ambiente marino. Si tratta di rifiuti risultanti da attività umane che si svolgono sia a terra che in mare, il cui ultimo destino è quello di accumularsi nell'ambiente marino.

La presenza di rifiuti marini nei nostri oceani sta diventando un problema globale. Ogni anno, milioni e milioni di tonnellate di rifiuti finiscono in mare, trasformandolo nella più grande discarica del mondo, creando problemi ambientali, economici, sanitari ed estetici.

Purtroppo l'accumulo di rifiuti nei nostri mari è il risultato di una cattiva gestione del ciclo dei rifiuti solidi, della mancanza di infrastrutture e della inconsapevolezza del pubblico circa le conseguenze delle loro azioni (Andrady, 2011).

Il marine litter proviene principalmente da attività terrestri (Browe et al., 2011), quali:

- scorretto smaltimento dei rifiuti da parte dei cittadini;
- errata gestione dei rifiuti urbani a tutti i livelli: raccolta, trasporto, trattamento e eliminazione finale;
- smaltimento delle acque reflue comunali non trattate, sia per la mancanza di un idoneo impianto di trattamento che in conseguenza di forti precipitazioni che determinano l'arrivo in mare di grandi volumi di acqua e di tutto ciò che essa è in grado di trasportare;
- lo smaltimento illecito di rifiuti industriali che possono contenere, ad esempio, residui del processo di lavorazione, imballaggi o materiale grezzo, sferule di plastica o resina utilizzate come materia prima, ecc.;
- attività turistiche e ricreative possono determinare l'abbandono sulle spiagge di mozziconi di sigarette, buste di plastica, incarti di cibo, barattoli, cartoni, giocattoli, ecc.

I rifiuti provenienti da fonti terrestri finiscono in mare attraverso fiumi, scarichi, sbocchi di acque reflue, o attraverso l'azione del vento e con l'azione delle onde se si trovano lungo i litorali.

Tuttavia, anche le attività marittime possono rappresentare fonti rilevanti di marine litter (Browe et al., 2011):

- la pesca commerciale in cui gli attrezzi da pesca (lenze, reti, nasse, ecc.) possono essere volontariamente o accidentalmente persi;
- la navigazione mercantile e di trasporto passeggeri (grosse navi da cargo, navi da crociera, traghetti, etc.) che smaltiscono illegalmente i rifiuti prodotti;
- la navigazione da diporto (piccole imbarcazioni utilizzate, ad es., per la pesca, navigazione costiera e sport acquatici) che si disfano di rifiuti quali bottiglie, lattine, liquami, ecc.;
- le piattaforme per l'estrazione di greggio e gas che smaltiscono illegalmente dell'attrezzatura utilizzata per le trivellazioni: tubi, rulli di stoccaggio, articoli da imballaggio... ecc.;
- gli allevamenti ittici che abbandonano o perdono in mare le reti, i materiali da costruzione, i sacchetti di mangime, ecc.;
- la scorretta gestione dei rifiuti prodotti e gestiti nelle aree portuali.

I rifiuti possono accumularsi in prossimità della sorgente, ma anche percorrere notevoli distanze. L'accumulo di rifiuti in specifiche aree marine può essere determinato, quindi, non solo dalla vicinanza alle sorgenti ma anche dall'andamento delle correnti e dalla persistenza e resistenza del materiale a decomporsi. Gli accumuli di rifiuti solidi possono essere osservati sui fondali marini, sulla superficie del mare, lungo i litorali, soprattutto in prossimità di centri abitati o comunque in aree con un elevato sviluppo antropico.

Attività di monitoraggio condotte su grande scala attestano che circa il 70% del marine litter affonda e circa il 15% resta in superficie (Galgani et al., 2000).

Campagne oceanografiche condotte nelle zone centrali dei principali oceani rilevano che queste rappresentano spesso le aree preferenziali di accumulo dei rifiuti solidi galleggianti, in cui si rileva una significativa concentrazione soprattutto di materiale plastico (Kershaw et al., 2011).

Ciò avviene come conseguenza dell'azione delle correnti marine che proprio in queste aree convergono causando la formazione delle cosiddette "isole di rifiuti" (note anche con il termine inglese di "Garbage Patch" oppure di "Trash Islands") (Law et al., 2010) (Fig. 1).

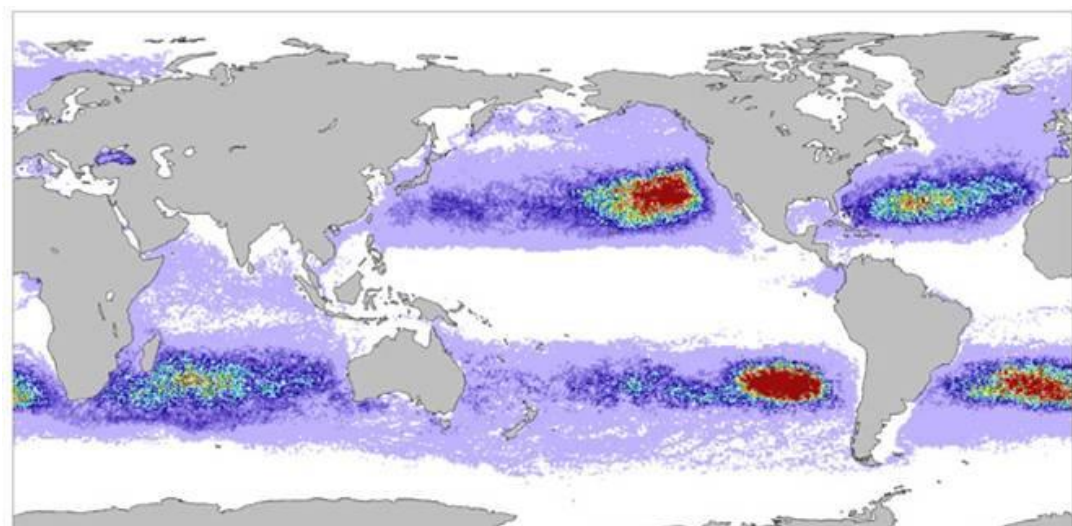


Figura 1: aree oceaniche di maggior accumulo di rifiuti solidi galleggianti (www.MarineDebris.noaa.gov)

In queste zone è possibile rilevare una concentrazione di rifiuti pari a 25.000 – 100.000 oggetti/Km² (Ryan et al., 1999-2012).

Ogni anno, diversi programmi di monitoraggio vengono condotti a livello mondiale per verificare le quantità e la distribuzione dei rifiuti solidi in mare (Thompson et al., 2004).

Un esempio significativo dei risultati di attività di monitoraggio viene pubblicato annualmente dalla Campagna International Coastal Cleanup promossa da Ocean Conservancy (<http://www.oceanconservancy.org/our-work/international-coastalcleanup/>), che fornisce ogni anno un quadro generale sulle principali categorie di rifiuti solidi che ingombrano i mari del mondo (Fig. 2).



Figura 2: i primi 10 oggetti trovati sulle spiagge, principale risultato delle attività di monitoraggio promossa da Ocean Conservancy

Plastica, vetro, gomma sintetica, tessuti artificiali e metalli sono generalmente resistenti alla biodegradazione. Tessuto e gomma naturali possono biodecomporsi, ma occorre un periodo di tempo abbastanza lungo. Anche la carta si decompone, a meno che non sia rivestita di plastica o di altri materiali non degradabili.

Le materie plastiche possono subire la cosiddetta fotodecomposizione, ovvero la degradazione ad opera dell'energia luminosa del sole.

I materiali si decompongono anche a seguito di interazione chimica (ad esempio, la formazione di ruggine sul materiale ferroso) ed altri deterioramenti dovuti ad agenti fisici, quali l'erosione e degradazione meteorica, che determinano la frammentazione del materiale in particelle sempre più piccole (Barnes et al., 1985-1998).

I rifiuti che non si decompongono facilmente restano nell'ambiente marino per lungo tempo e sono quindi detti persistenti.

Plastica e gomma sintetica sono i materiali più persistenti che compongono i detriti marini. Il materiale in plastica, generalmente, si frammenta in parti più piccole a seguito dell'azione fisica operata dai movimenti del mare (onde, correnti, maree), dall'abrasione conseguente al contatto col fondale e la battigia e dalla degradazione meteorica (irraggiamento solare, vento etc). I metalli sono meno persistenti in quanto, sebbene non biodegradabili, possono essere trasformati chimicamente per interazione con alcuni elementi presenti nell'acqua come ad esempio l'ossigeno disciolto che per ossidazione produce la ruggine. Legno, gomma naturale e tessuto sono mediamente persistenti in quanto biodegradabili. La carta non è persistente sia per la sua biodegradabilità che per la caratteristica di essere facilmente lacerabile.

In figura 3 vengono indicati i tempi presunti di degradazione dei vari rifiuti marini. I valori riportati sono solo una stima molto generale poiché i tempi possono cambiare grandemente in base alle caratteristiche dell'ambiente marino considerate; la situazione è molto differente se si considera per esempio un'area costiera di una zona tropicale oppure il fondo del mare dove la luce solare non arriva e le temperature variano tra circa -2°C in Antartide e circa 10°C nel mar mediterraneo.

Il materiale in plastica, generalmente, si frammenta in piccole parti a seguito dell'azione fisica operata dai movimenti del mare (onde, correnti, maree) e/o a

causa dall'abrasione conseguente al contatto col fondale e la battigia. Il processo di frammentazione produce microscopiche particelle (<5 mm di diametro), dette microplastiche, che vengono accidentalmente ingeriti dagli organismi marini, specialmente dai filtratori.



Figura 3: tempi presumibili di degradazione dei vari rifiuti marini (fonte: NOAA. www.noaa.org)

Studi recenti hanno dimostrato che la densità di plastica è elevatissima lungo tutta la costa ligure. Si calcola che nel solo bacino nord-ovest del golfo di Genova si ritrovano in media 200.000 microframmenti per chilometro quadrato. Il 70% è inferiore a 2 millimetri, e di questi il 26,6% è inferiore a 0,5 millimetri. Nella zona vicino all'isola d'Elba la concentrazione di plastica raggiunge gli 892.000 microframmenti per chilometro quadrato (Carnimeo, 2014). Il quadro non cambia in Corsica, al largo di Bastia e Calvi, poi a Nizza e Antibes. Nel mediterraneo in media il numero di microplastiche per chilometro quadrato è di 115.000, il che vuol dire che in tutta l'estensione marina ce ne sono 290.000.000.000 nei primi quindici centimetri d'acqua (Carnimeo, 2014). Un altro studio condotto nel mare mediterraneo ha ottenuto interessanti risultati per quanto riguarda la massa di plastica per unità di area. Le maggiori concentrazioni sono state osservate nel canale di Corsica tra Capo Corso e l'isola di Capraia (10.43 kg/kmq), mentre le più basse sono state trovate nella parte sud del mar adriatico (Suaria et al., 2016). In generale la plastica è significativamente meno abbondante nel mare Adriatico

(467.79 ± 1133.88 g/kmq) rispetto al Mediterraneo occidentale (811.08 ± 1769.75 g/kmq) (Suaria et al., 2016).

Una densità media totale di 671.91 ± 1544.16 g/kmq è stata rilevata nell'intera area di studio (Suaria et al., 2016). La massa totale di plastica presente nel mar Mediterraneo è stata stimata in un range compreso tra 873.55 e 2576.03 tonnellate di plastica studio (Suaria et al., 2016). Così come gli esseri umani, gli animali hanno bisogno di un ambiente privo di plastica in cui vivere, in cui l'inquinamento sia limitato o assente. Il marine litter rappresenta una forma di inquinamento che può essere molto nocivo soprattutto per alcune categorie di organismi marini, segnatamente i rettili (es. tartarughe marine), gli uccelli e i mammiferi marini (es. cetacei, pinnipedi). I rifiuti solidi possono imbrigliare gli organismi causando menomazioni se non addirittura il loro annegamento (Lazar et al., 2011) (Fig.4)



Figura 4: esempio di una tartaruga rimasta impigliata in una rete da pesca (foto: UNEPCAR/RCU, 2008)

Gli organismi marini possono ingerire accidentalmente rifiuti solidi oppure inghiottirli perché li confondono con il cibo: ciò può provocarne il soffocamento e/o l'inedia (Van Franeker et al., 2011). Quest'ultima può determinarsi perché lo stomaco pieno di rifiuti solidi (principalmente materiale plastico) può dare all'animale un senso di sazietà che non lo spinge a cercare cibo e a nutrirsi (Fig. 5).



Figura 5: esempio di contenuto stomacale ritrovato in un uccello marino

Sono, quindi, due le principali minacce costituite dal marine litter nei confronti della fauna marina: l'impigliamento e l'ingestione.

Nel caso di organismi che si nutrono filtrando l'acqua (organismi filtratori) o scavando fra i sedimenti (organismi detritivori) si verifica l'ingestione delle microplastiche (diametro inferiore a 5 mm). Le attività di ricerca su questo fenomeno sono state avviate solo negli ultimi anni e solo recentemente ci si sta rendendo conto come l'assunzione delle microplastiche può essere un fenomeno molto rilevante che può determinare una delle principali conseguenze negative per gli ecosistemi marini.

Queste microparticelle, infatti una volta all'interno degli organismi possono rilasciare le sostanze inquinanti che costituiscono le plastiche (tipicamente gli ftalati) oltre a una serie di sostanze organiche inquinanti (i cosiddetti inquinanti organici, come PCBs e IPA) poco solubili in acqua e che quindi aderiscono preferenzialmente sulla superficie delle micro particelle che diventano delle "pillole di veleno" (Fig. 6).

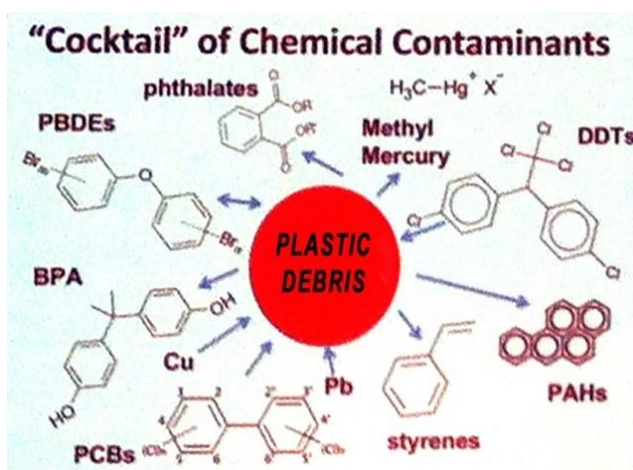


Figura 6: sostanze inquinanti rilasciate dalle microplastiche

L'impigliamento si verifica quando un organismo finisce circondato o intrappolato dai rifiuti. Ciò può capitare anche perché l'animale viene attratto dai detriti per un suo naturale comportamento o per curiosità. Per esempio, un organismo marino può utilizzare il rifiuto come riparo e, soprattutto nel caso di mammiferi marini, per il gioco. Alcuni organismi, come gli uccelli marini, possono cercare di catturare i pesci impigliati in una rete abbandonata e restare imprigionati. L'impigliamento determina effetti dannosi per una serie di ragioni:

- può provocare ferite che portano infezione e perdita degli arti.
- può causare strangolamento, soffocamento, strozzamento.
- può compromettere la capacità di nuotare che può a sua volta condurre all'annegamento, o rendere difficoltoso muoversi, procurarsi il cibo e sfuggire ai predatori.

Come detto in precedenza, pesci, uccelli e mammiferi possono ingoiare un rifiuto accidentalmente o perché assomiglia a una preda. Ad esempio, le tartarughe possono assumere buste di plastica o parte di esse perché le ritengono meduse, che rappresentano una parte importante della loro dieta; gli uccelli si nutrono o nutrono i propri piccoli con i cosiddetti pellets di plastica (sferule di pochi centimetri utilizzate come materia prima per realizzare i materiali in plastica), confondendole con uova di pesce o granchi, ecc. L'ingestione può condurre, come detto, all'inedia o alla malnutrizione se gli oggetti ingeriti riempiono lo stomaco. Rifiuti taglienti, come metallo, vetri rotti, ami possono lacerare il tubo digerente e provocare infezioni e dolore. Gli oggetti ingeriti possono bloccare il passaggio dell'aria negli organismi con respirazione aerea (mammiferi, uccelli, rettili) e, quindi, causare la morte per soffocamento. Alte concentrazioni di plastica nello stomaco sono state rilevate in uccelli predatori e in altri carnivori dopo aver mangiato uccelli più piccoli che a loro volta avevano precedentemente ingerito pesce che aveva ingoiato plastica. Questo fenomeno può condurre all'accumulo delle sostanze inquinanti presenti nei rifiuti soprattutto negli organismi che si trovano ai vertici della rete alimentare (bio-magnificazione), compresi gli esseri umani che sono in cima alla catena alimentare. Una categoria di marine litter che determina notevoli conseguenze negative per gli ecosistemi marini è quella a cui afferiscono le cosiddette "reti fantasma", ovvero l'attrezzatura da pesca volontariamente abbandonata o accidentalmente persa in mare (Angeloni & Senese, 2005). Essa continua a catturare pesce andando alla deriva in mare o sul fondo, spesso per

lunghi periodi. La loro “pesca” attira altri pesci, mammiferi e uccelli marini in cerca di cibo che spesso rimangono catturati o impigliati generando così un circolo vizioso. Gli organismi impigliati agiscono da attrattori per altre specie, auto innescando così l'attrezzo da pesca per lungo tempo. Migliaia di uccelli marini muoiono ogni anno per intrappolamento o ingestione perché attirati da pesci catturati nelle reti fantasma. In una sola rete sono stati trovati fino a 100 uccelli. Pesci e crostacei (come aragoste e granchi) restano spesso imprigionati nelle reti da pesca dismesse (Fig. 7), soprattutto nelle nasse.



Figura 7: esempio di organismi marini rimasti imprigionati nelle reti (UNEP, FAO)

Ciò che è meno noto a proposito del marine litter e che alcune specie si “fanno dare un passaggio” dai materiali di rifiuto e invadono mari che normalmente non raggiungono (Fig. 8). Una volta stabiliti in un nuovo ambiente interagiscono con le specie autoctone minacciando il biota e l'ecosistema.



Figura 8: esempio di “zattera” utilizzata dagli organismi marini che ne permette lo spostamento

L'invasione delle cosiddette specie aliene è una delle più grandi minacce nei confronti della biodiversità e i rifiuti solidi in mare possono contribuire ad aumentare questo fenomeno.

Infine, soprattutto i fondali duri possono essere danneggiati dall'azione abrasiva dei rifiuti solidi. Organismi sessili (ovvero fissi sul fondale), come coralli, gorgonie e spugne, possono essere scalzati dal punto di adesione dal movimento strisciante di rifiuti trascinati dall'azione di correnti e onde. Questo fenomeno è stato osservato anche in corrispondenza di affioramenti rocciosi ad elevate profondità dove l'azione abrasiva viene esercitata soprattutto da fili di nylon utilizzati per la pesca con palangaro.

Il marine litter determina anche effetti negativi sull'uomo, soprattutto da un punto di vista socio-economico (Mouat et al., 2010; Rangel-Buitrago et al. 2017). Chiaramente la presenza rilevante di rifiuti solidi lungo i litorali e sulla superficie del mare dà una sensazione sgradevole e certamente degrada la qualità estetica delle aree costiere, anche se la percezione del problema varia secondo le persone e i paesi europei (Brouwer et al. 2017). Le comunità locali coinvolte vedono così ridursi i guadagni provenienti dalle attività turistiche, proprio per la ridotta attrattività dei luoghi. In aggiunta alla perdita economica, può risultare molto dispendioso la pulizia delle spiagge poiché è necessario dotarsi di specifici macchinari e di personale dedicato. I costi lievitano ulteriormente se si tratta di litorali remoti e di difficile accesso, carenti di sistemi di raccolta dei rifiuti.

L'attrezzatura da pesca volontariamente abbandonata o accidentalmente persa può determinare anch'essa dei costi per le attività antropiche del luogo. Oltre ai costi legati alla sostituzione dell'attrezzatura che è andata smarrita, l'attrezzatura da pesca può provocare danni onerosi o irreparabili alle imbarcazioni: le reti da pesca possono avvolgersi, infatti, attorno alle eliche determinando spese per il soccorso nautico e per la riparazione dei danni subiti. Gli stessi danni possono essere arrecati anche da altre categorie di marine litter, quale il materiale plastico galleggiante. Questo tipo di danni possono essere molto pericolosi se avvengono durante una tempesta, impedendo il rientro in porto o provocando una collisione con un altro natante. Persino i sottomarini rischiano di essere bloccati da reti abbandonate che rendono difficili sia la navigazione che l'affioramento.

Un altro costo, spesso non considerato ma che può essere rilevante, è quello relativo alla pulizia e riparazione delle attrezzature da pesca che "catturano"

accidentalmente i rifiuti solidi che si trovano nell'ambiente marino. La loro riparazione determina inoltre la sospensione delle attività di pesca con conseguenti perdite economiche per gli operatori.

Come detto in precedenza, le nasse utilizzate per catturare pesci e crostacei quando vengono smarrite possono intrappolare migliaia di animali che non vengono catturati e venduti. La "pesca fantasma" uccide una gran quantità di organismi marini che sarebbero potuti giungere sul mercato, determinando così una sorta di mancato guadagno. L'entità della perdita di organismi marini a causa della pesca fantasma non è nota con certezza, ma stime grossolane portano a ritenere che essa rappresenta circa il 5% della quantità di pescato mondiale.

Il marine litter può mettere a rischio direttamente salute e sicurezza delle persone. Oggetti taglienti, come vetri rotti e metalli arrugginiti, possono provocare lesioni passeggiando sulla sabbia o sul bagnasciuga. Reti da pesca e cime abbandonate possono imprigionare i subacquei determinando gravi danni o addirittura la morte. I rifiuti contaminati, compresi quelli sanitari, possono mettere a serio rischio la salute pubblica attraverso la trasmissione di malattie.

2.2. NORMATIVE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE MARINO

2.2.1. Norme per la salvaguardia del mare

L'intervento della Comunità Economica Europea a salvaguardia del mare e a garanzia del miglioramento della qualità dell'ambiente marino nell'area mediterranea, trova applicazione nelle varie convenzioni stipulate e direttive emanate a sua tutela. Il mare Mediterraneo in tali accordi è considerato parte del patrimonio da preservare e salvaguardare nell'interesse delle generazioni presenti e future, quale fondamentale area di transito per l'esercizio della navigazione marittima internazionale, ed – ancora – quale importante zona di frontiera.

Gli obiettivi della politica ambientale riguardano la determinazione di interventi al fine di caratterizzare, regolare ed eventualmente migliorare le condizioni ambientali, in relazione alle attività umane (Rivaro et al., 2000). L'ambiente marino costituisce un patrimonio prezioso che deve essere protetto, salvaguardato e, ove possibile, ripristinato al fine ultimo di mantenere la biodiversità e preservare la diversità e la vitalità di mari ed oceani per le generazioni future (MSFD, Direttiva Europea 2008/56/CE).

Le principali strategie della politica ambientale si suddividono in interventi di tipo legislativo atti alla pianificazione delle attività, e di tipo applicativo, deputati alla caratterizzazione e all'applicazione delle normative sviluppate.

La sinergia tra queste due strategie dovrebbe fornire gli strumenti per la gestione ottimale delle aree, tenendo in considerazione la loro vocazione e la compatibilità con determinate attività umane. Il quadro normativo si è nel tempo evoluto passando da un approccio legato alla soluzione di specifici problemi e alla loro prevenzione/eliminazione per arrivare a partire dagli anni duemila ad auspicare e perseguire un approccio ecosistemico (Fig 9).

La prima convenzione a salvaguardia del mare è stata stipulata a Barcellona il 16 febbraio 1976 da venti paesi rivieraschi del Mare Nostrum, tra i quali l'Italia, e la Comunità Europea, al fine di tutelare l'ambiente marino e le regioni costiere di tale area.

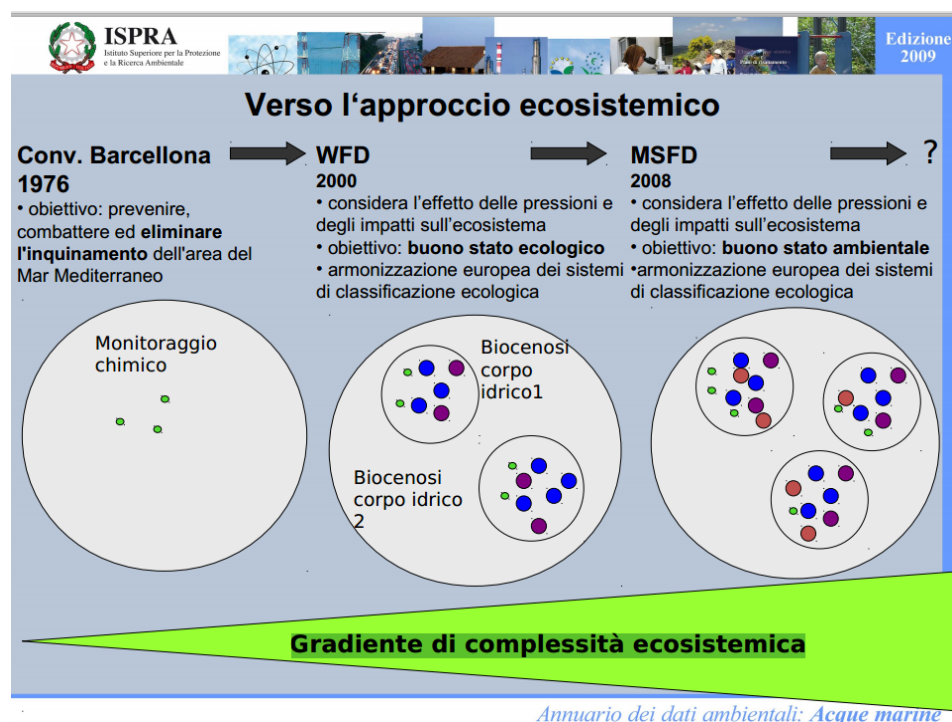


Figura 9: Gradiente di complessità ecosistemica crescente delle normative europee sulla salvaguardia dell'ambiente marino (ISPRA, 2009)

Con essa le parti contraenti si sono obbligate ad adottare tutte le misure necessarie a prevenire, ridurre ed eliminare l'inquinamento, nonché a migliorare l'ambiente marino per contribuire allo sviluppo sostenibile dell'area: sono stati indicati alcuni strumenti legali – noti come Protocolli – che prendono in considerazione le possibili fonti di inquinamento del Mediterraneo e le misure per contrastarle.

In particolare, il primo Protocollo – relativo alla prevenzione degli inquinamenti causati dalle operazioni di scarico effettuate da navi e da aeromobili – proibisce lo scarico in mare e l'incenerimento di rifiuti pericolosi, il secondo Protocollo – sulla cooperazione in materia di lotta contro l'inquinamento da idrocarburi e da altre sostanze pericolose – obbliga, invece, le parti contraenti alla cooperazione in occasione di gravi ed imminenti danni all'ambiente marino e costiero nelle aree di interesse di una o più parti.

Nell'evoluzione del diritto internazionale, non solo del mare, la protezione dell'ambiente ha un posto sempre più rilevante. L'esame delle norme contenute nella Convenzione di Montego Bay del 10 dicembre 1982, porta ad affermare la rilevanza assunta della tutela dell'ambiente marino, non è più limitata all'interesse del singolo Stato costiero bensì estesa a tutti gli Stati, marittimi e non, onde garantire il prevalere di un interesse generale della Comunità internazionale alla preservazione della propria integrità ecologica (Angeloni e Senese, 2005). Si propone un approccio di “politica globale” basato soprattutto sul principio della prevenzione dell'inquinamento delle acque e prevede che gli Stati rivieraschi adottino leggi e regolamenti atti a prevenire, ridurre e tenere sotto controllo l'inquinamento delle aree del fondo marino soggette alla loro giurisdizione.

Lo sviluppo di una strategia e di un piano di interventi per la protezione del bacino mediterraneo (MEDSPA, Mediterranean Strategy and Action Plan) si realizza nel 1991 con l'approvazione del regolamento del Consiglio delle Comunità europee 563/91/CEE. L' Azione comunitaria per la protezione dell'ambiente nella regione mediterranea si propone di intensificare gli sforzi per aumentare l'efficacia delle operazioni realizzate nell'area mediterranea e di impegnare tutti gli Stati rivieraschi ad intraprendere provvedimenti e a finanziare misure per il perseguimento di concreti obiettivi di salvaguardia ambientale, secondo un ordine di priorità definito. In seguito sono stati sottoscritti altri protocolli relativi all'inquinamento derivante da fonti ed attività terrestri (Protocollo di Atene, 1980) che prevedeva l'adozione di un programma di azione per la riduzione dell'inquinamento da attività terrestri, attraverso la progressiva eliminazione delle sostanze tossiche; che impegnava i paesi contraenti a preservare e conservare le biodiversità marine e le specie della flora e della fauna minacciate nella regione del Mediterraneo, attraverso la creazione di “zone specialmente protette” (Protocollo di Ginevra, 1982); disciplinava le attività di sfruttamento e di esplorazione della piattaforma

continentale (Protocollo di Madrid, 1994); preveniva l'inquinamento del Mar Mediterraneo derivante dal trasporto via mare di rifiuti pericolosi (Protocollo di Smirne, 1996).

La direttiva 2000/60/CE (Water Framework Directive - WFD), recepita con legge 152/2006, istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque ha introdotto un approccio innovativo nella legislazione europea in materia di acque, tanto dal punto di vista ambientale, quanto amministrativo-gestionale: la Direttiva stabilisce che i singoli Stati Membri affrontino la tutela delle acque a livello di "bacino idrografico" e l'unità territoriale di riferimento per la gestione del bacino è individuata nel "distretto idrografico". Relativamente ad ogni distretto, deve essere predisposto un programma di misure che tenga conto delle analisi effettuate e degli obiettivi ambientali fissati dalla Direttiva, con lo scopo ultimo di raggiungere uno "stato buono" di tutte le acque entro il 2015. I programmi di misure sono indicati nei Piani di Gestione che gli Stati Membri devono predisporre per ogni singolo bacino idrografico e che rappresenta pertanto lo strumento di programmazione/attuazione per il raggiungimento degli obiettivi stabiliti dalla direttiva.

2.2.2.Norme sui rifiuti marini

Nello specifico sull'argomento oggetto di studio la legislazione nazionale fa riferimento alle diverse Direttive Europee che riportano le disposizioni generali a cui attenersi. In particolare, le principali Direttive da tenere in considerazione sono:

- Marine Strategy Framework Directive (MSFD) (2008/56/EC). La Direttiva Quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino (Marine Strategy Framework Directive – MSFD, 2008/56/CE), recepita dal D.Lgs. 190/2010, istituisce un quadro per l'azione comunitaria sull'ambiente marino, per la protezione e l'uso sostenibile degli ecosistemi marini e prevede che ogni Stato Membro sviluppi una strategia per il conseguimento o il mantenimento del Buono Stato Ambientale (*Good Environmental Status*, GES) dell'ambiente marino entro il 2020. Per buono stato ambientale delle acque marine (Fig. 10) si intende la capacità di preservare la diversità ecologica, la vitalità dei mari e degli oceani affinché siano puliti, sani e produttivi mantenendo l'utilizzo dell'ambiente marino ad un livello sostenibile e salvaguardando il potenziale per gli usi e le attività delle generazioni presenti e future (ISPRA, 2008). Data la natura transfrontaliera dell'ambiente marino, gli Stati membri sono

chiamati a cooperare per garantire che le relative strategie siano elaborate in modo coordinato per ogni regione o sottoregione marina (MSFD, 2008/56/CE).



Figura 10: schema per il conseguimento del buono stato ambientale (GES) (ISPRA, 2008)

L'Italia ha recepito la MSFD con il D.Lgs. 190/2010, dotandosi di un contesto giuridico atto ad affrontare organicamente la protezione dei suoi mari, basato sulla conoscenza effettiva dello stato dell'ambiente su scala nazionale (Tunesi, 2012).

La decisione della Commissione europea, del 1° settembre 2010 (2010/477/UE), descrive l'approccio da adottare per la determinazione del GES delineando 26 criteri e 56 indicatori associati agli 11 descrittori qualitativi dell'ambiente marino e fornisce criteri e standard metodologici che consentono di attribuire un valore quantitativo e misurabile ai descrittori per facilitare gli Stati a sviluppare la loro strategia. Tali criteri e indicatori comprendono una combinazione di elementi, relativi allo stato, agli impatti e alle pressioni. Gli undici descrittori qualitativi dell'ambiente marino fanno riferimento a molteplici aspetti degli ecosistemi marini, tra cui la biodiversità, l'inquinamento, l'impatto delle attività produttive (allegato I del D.lgs. 190/2010).

In risposta a quanto previsto dalla direttiva MSFD ed al relativo recepimento dell'Italia, ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) ha condotto una valutazione iniziale dei GES e ha formulato delle proposte per la definizione del GES con traguardi ambientali e indicatori

associati ad ogni descrittore. Tale valutazione è stata sottoposta e condivisa con i Ministeri competenti e gli Enti territoriali e locali rappresentati nel Comitato Tecnico di cui all'art. 5 del D.lgs. 190/2010.

Il MATTM, con il contributo del Comitato Tecnico e dell'ISPRA, attraverso il supporto di specifici gruppi di lavoro tematici e delle Regioni, ha assicurato il coordinamento delle attività tecnico-scientifiche finalizzate alla definizione della valutazione iniziale, sulla base della quale sono stati determinati, ove possibile, una serie di requisiti di buono stato ambientale (GES) e definiti un insieme di traguardi (Target) per ogni descrittore qualitativo di cui all'Allegato 1 del richiamato Decreto.

Nell'ambito marino costiero esistono diversi fenomeni, naturali o indotti dall'uomo, che richiedono un monitoraggio tempestivo e/o prolungato nel tempo al fine di prevenire il danno o contenerne l'entità prima del sopraggiungere del vero e proprio stato di emergenza.

I rifiuti marini rappresentano il descrittore n. 10 degli 11 elencati dalla Dir. 2008/56/CE Strategia Marina, e ripresi nel D.M.190/2010 pertanto fini del presente lavoro di tesi vengono individuati i criteri e gli standard metodologici per il buono stato ecologico relativi a questo descrittore che ha l'obiettivo di ridurre le sue quantità entro il 2020 a un livello tale che non determini più sensibili effetti negativi sull'ambiente marino.

Gli indicatori possibili sono:

- ✓ Tendenze nella quantità di rifiuti gettati in mare e/o depositati sui litorali, compresa l'analisi della loro composizione, la distribuzione spaziale e, se possibile, la loro provenienza
- ✓ Tendenze nella quantità di rifiuti nella colonna d'acqua (inclusi quelli galleggianti in superficie) e depositati sul fondo, compresa l'analisi della loro composizione, la distribuzione spaziale e, se possibile, la loro provenienza
- ✓ Tendenze nella quantità, nella distribuzione e, se possibile, nella composizione di microparticelle (in particolare microplastiche)
- ✓ Tendenze nella quantità e nella composizione dei rifiuti ingeriti dagli animali marini (ad esempio tramite analisi stomacali).

I GES e i TARGET per i vari indicatori sono:

- ✓ Quantità, distribuzione e composizione di rifiuti gettati in mare e/o depositati sui litorali.
 - TARGET Incremento su base annuale dell'estensione della costa sottoposta ad opera di pulitura e raccolta dei rifiuti
 - GES Numero items / km (valore da stabilire)
- ✓ Quantità, distribuzione e composizione di rifiuti depositati sul fondo.
 - TARGET Aumento progressivo dello sforzo di raccolta e conseguentemente della quantità di rifiuti raccolti sui fondali annualmente
 - GES Kg rifiuti /km² di fondale (valore da stabilire)
- ✓ Quantità, distribuzione e composizione di microplastiche.
 - TARGET Riduzione del tasso di incremento delle particelle di microplastica sulla superficie del mare
 - GES Numero items microplastiche/ m³ acqua (valore da stabilire)
- ✓ Quantità e composizione dei rifiuti ingeriti dagli animali marini.
 - TARGET Riduzione del contenuto stomacale o fecale di rifiuti solidi in organismi marini (Caretta caretta o altra specie marina)
 - GES Percentuale di esemplari di Caretta caretta (o altra specie marina) con quantitativo di litter ingerito superiore a certo peso e/o volume (valori da stabilire)
- Waste Framework Directive (2008/98/EC). E' la Direttiva che dispone per la migliore gestione del rifiuto solido prodotto dai Paesi Membri. Essa regola la sua riduzione, il suo riutilizzo, recupero, riciclo e smaltimento.
- Port Reception Facilities Directive (2000/59/EC). Regola la predisposizione di specifiche aree portuali dedicate al recupero e smaltimento dei rifiuti prodotti a bordo delle navi, ivi compresi i rifiuti solidi.
- Packaging and Packaging Waste Directive (94/62/EC). Impartisce le disposizioni sulla gestione degli imballaggi dei materiali che spesso rappresentano il maggior volume dei rifiuti solidi prodotti.
- Landfill Directive (99/31/EC). Regola la gestione e le caratteristiche delle discariche di rifiuti solidi sulla terraferma

Diverse buone pratiche (meglio note con il termine inglese di Best Practices) utili

per la rimozione di marine litter o per la riduzione dei relativi inputs in mare si sono sviluppate nel mondo negli ultimi anni. Esse sono spesso rappresentate da iniziative locali che hanno coinvolto diverse istituzioni e altri portatori di interesse. Lo studio di queste iniziative può essere molto utile per la loro applicazione ed estensione anche in altre aree. Utilizzando la stessa metodologia proposta esse, infatti, sono spesso applicabili anche su scala nazionale. Sul web sono disponibili diverse banche dati che raccolgono le migliori Best Practices conosciute. Il progetto MARLISCO ha realizzato una banca dati la cui consultazione è disponibile sul sito www.marlisco.eu. Anche nell'ambito della International Conference on Prevention and Management of Marine Litter in European Seas svoltasi a Berlino lo scorso Aprile è stata presentata una ulteriore banca dati consultabile al seguente indirizzo <http://www.marine-litter-conference-berlin.info/tbdb.php>.

2.3. STRUMENTI DI CAMPO

Le informazioni, che siano esse storiche, geografiche o socio-economiche, hanno avuto in passato come principale supporto quello cartaceo: la mole dei dati e le difficoltà crescenti nella loro comparazione e correlazione a fine di analisi, sta rendendo questo supporto obsoleto per una serie di operazioni come l'amministrazione territoriale o lo studio di sistemi naturali complessi.

La possibilità di utilizzare sistemi all'avanguardia per archiviare informazioni e dati relativi alle caratteristiche delle popolazioni sia umane sia animali e vegetali, ai settori di attività economiche, alle caratteristiche geomorfologiche e, soprattutto, la possibilità di elaborarle utilizzando metodi statistici, ha consentito di prefigurare lo sviluppo di fenomeni territoriali difficilmente conoscibili attraverso le tecniche di analisi classiche non informatizzate.

L'avanzamento tecnologico e digitale ha fornito e sta fornendo nuovi strumenti per aiutare la ricerca durante le varie fasi che competono ai diversi campi di interesse scientifico. Nell'ambito del marine litter però i ricercatori utilizzano le stesse tecniche utilizzate negli anni '60 (Mace, T.H., 2012), ma che sicuramente possono essere migliorate dall'integrazione con alcune più moderne metodiche. Così come per l'uso della carta nella raccolta dati, alcune di queste tecniche risultano ancora utili e imprescindibili, ma possono essere coadiuvate e implementate da nuove

tecnologie che snelliscono alcuni processi di analisi e riescono a gestire in maniera performante la raccolta e l'elaborazione dei dati.

Per la realizzazione di questo progetto è stato quindi sviluppato un sistema completo, economico e pronto all'uso, con il quale l'utente, tramite il proprio browser, possa visualizzare e gestire i dati rilevati nell'area monitorata. Per rendere possibile ciò è stata progettata una Wireless Sensor Network, ovvero sono stati creati i protocolli di rete e l'applicazione necessari al suo funzionamento, dopodiché è stato sviluppato il sistema di memorizzazione, consultazione e analisi dati, tramite l'implementazione di un database, di un web GIS e di un' applicazione web.

2.3.1. Sistemi GIS e WebGIS per la gestione del dato ambientale

I sistemi informativi nascono dall'esigenza di dover raccogliere, elaborare, gestire, mettere a disposizione dei responsabili decisori una ingente quantità di dati ed informazioni relativi al territorio.

Un sistema informativo viene detto geografico (GIS) quando è progettato per operare con dati relativi allo spazio geografico: esso conterrà specifiche funzioni per acquisire, elaborare, gestire dati e collegarli a specifici enti territoriali (aree urbane, aree marine, reti infrastrutturali, reti di mobilità, edifici ecc.) (Azzena, Tascio 1996; Gottarelli 1997, Macchi 2000 e 2001; Valenti 2000; Bardi, Dallai 2002; De Silva 2002; De Silva Pizziolo, Sarti 2002; Salzotti, Valenti 2003; Boccardo et al. 2003; Gabrielli 2004; Macchi 2007)

I sistemi WebGIS estendono all'ambiente internet/intranet molte delle funzionalità proprie dei GIS, consentendo di accedere a database territoriali remoti attraverso le funzioni di un normale browser internet, senza necessità di installare sul proprio computer software specializzati.

La rete delle reti (internet) è diventata la via privilegiata per l'interscambio di informazioni tra milioni di postazioni sparse per il mondo.

Attraverso un browser web è possibile accedere al World Wide Web (www) cioè al servizio di scambio dati internet più usato in assoluto.

Diffondere informazioni geografiche aggiornabili attraverso siti web significa quindi non solo dare la possibilità di inserire, manipolare, elaborare ed analizzare dati georeferenziati in qualsiasi punto del terra tramite una connessione internet, ma anche raggiungere una vasta platea di utenti, anche non specializzati.

Definizione di GIS

SIT è l'acronimo italiano di Sistema Informativo Territoriale; la sua traduzione inglese, vale a dire Geographic(al) Information System, GIS, viene spesso usata erroneamente come suo sinonimo.

Il termine G.I.S nell'accezione italiana si riferisce infatti alle componenti hardware e software del sistema informativo, per cui il GIS viene identificato come il sottoinsieme del SIT che invece comprende anche i dati e le persone necessarie al processo di produzione delle informazioni.

Il GIS è in grado di gestire contemporaneamente dati di tipo geometrico, per descrivere forma e posizione degli oggetti reali presenti sulla superficie terrestre e dati di tipo attributo, che descrivono caratteristiche e misure proprie degli oggetti reali che vanno associate ai dati geometrici. Si tratta quindi di un sistema informatico in grado di produrre, gestire e analizzare dati spaziali associando a ciascun elemento geografico una o più descrizioni alfanumeriche.

Il GIS è differente dal DBMS (o Database Management System), in quanto si occupa essenzialmente dell'elaborazione e manipolazione dei dati georeferenziati, che a loro volta possono essere memorizzati in un DBMS o in singoli file.

Componenti di un GIS

Dalla definizione discende che un G.I.S è costituito da più componenti o moduli software (sottosistemi) ognuno finalizzato all'esecuzione di funzioni specializzate:

- Un sottosistema di interfaccia con l'utente.

Permette un'agevole visualizzazione e navigazione su tutto il processo di analisi e archiviazione dei dati.

- Un sottosistema di input per l'immissione dei dati nel computer.

Permette di acquisire i dati nel GIS convertendoli in forma numerica o digitale, il solo formato in cui il GIS può elaborare i dati.

- Un sottosistema di archiviazione e gestione dei dati.

Permette la creazione del database, l'accesso ai dati, il recupero, l'aggiornamento e la modifica dei dati.

- Un sottosistema per l'analisi dei dati

Permette di eseguire sui dati procedimenti di analisi ovvero di trasformazione dei dati in informazioni mediante le funzionalità che il software mette a disposizione.

- Un sottosistema di output per l'uscita dei dati.

Permette di elaborare i prodotti in uscita dal GIS, ovvero di visualizzare i dati sullo schermo, di plottarne le carte, di generare rapporti statistici e tabelle.

Cartografia numerica

Il GIS riproduce con facilità la tradizionale rappresentazione grafica cartacea il cui scopo è quello di riprodurre la realtà e comunicare informazioni.

Il GIS assolve alla funzione specializzata di restituzione in forma cartografica del prodotto, con la differenza che i dati sono archiviati in maniera profondamente diversa rispetto alla carta tradizionale.

I dati nel GIS, siano essi punti, linee o aree sono descritti e sono archiviati come grandezze numeriche che rappresentano le coordinate x,y dei dati. Utilizzando le coordinate (x,y) il GIS è in grado di manipolare la geometria dei dati e le relazioni tra di essi per creare nuove informazioni, ciò gli conferisce la potenza analitica che la carta non possiede.

Scala della carta: la rappresentazione finale può essere simile a quella della cartografia tradizionale, però nella carta la dimensione e la forma degli elementi rappresentati è funzione della scala di rappresentazione: la scala è il rapporto tra la misura degli elementi nella realtà e la loro misura sulla carta.

In una scala grande il dettaglio riconoscibile sarà maggiore, viceversa in una scala piccola il dettaglio presente sarà minore.

In un GIS tutti gli elementi sono rappresentati in una scala reale. Nella carta prodotta dal GIS è facile passare da una scala ad un'altra. Le informazioni a parità di dimensioni della carta si infittiscono mano a mano che la scala diminuisce, e si diradano a mano a mano che la scala aumenta in modo che essa mantenga la leggibilità e fornisca il dettaglio adeguato.

I sistemi di riferimento: un dato spaziale georeferenziato è un dato che è riferito ad una collocazione fisica sulla superficie terrestre attraverso delle coordinate relative a un sistema di riferimento geografico.

Il sistema di riferimento o "datum planimetrico" è il modello matematico della Terra che viene usato per calcolare le coordinate geografiche dei punti.

Ogni datum con la sua rappresentazione cartografica è definibile mediante specifici parametri geodetici, che si riferiscono al rispettivo sistema di riferimento: la codifica EPSG li racchiude tutti attribuendo loro un codice univoco.

Il GIS è in grado di gestire contemporaneamente i dati provenienti da diversi sistemi di proiezione e di riferimento.

Per quel che riguarda l'Italia si possono considerare i seguenti datum:

- WGS84: datum geodetico, geocentrico per le misure GPS su tutta la superficie terrestre. L'elissoide adottato in questo datum è il GRF (Global Reference Frame) 1980. A questo datum è associata una rappresentazione cartografica UTM: UTM/WGS84 (EPSG 4326).
- ROMA40: datum geodetico/cartografico per la cartografia ufficiale italiana dell'IGMI, realizzata mediante la rappresentazione cartografica di Gauss-Boaga. L'elissoide adottato in questo datum è quello di Hayford o Internazionale del 1924, orientato a Roma Monte Mario nel 1940 (EPSG 3003/3004).
- ED50: datum geodetico/cartografico europeo per la cartografia internazionale con rappresentazione cartografica UTM: UTM/ED50. L'elissoide adottato in questo datum è quello di Hayford o Internazionale del 1924, con orientamento medio europeo (23032/23033).

Attributi e tabelle: sulla carta le informazioni sono limitate a quelle su di essa effettivamente riportate, con il GIS invece non si è limitati alle informazioni che la carta mostra, ma è possibile associare ai dati geografici le informazioni descrittive ad essi relative, queste prendono il nome di attributi.

Gli attributi sono organizzati secondo uno schema matriciale di righe e di colonne (questo schema prende il nome di tabella): ogni colonna o campo contiene i valori o singole occorrenze dell'attributo, e ogni riga o record rappresenta i valori di tutti gli attributi relativi ad un singolo elemento geografico.

Più tabelle possono essere associate agli elementi geografici, ognuna comprendente un insieme concettualmente correlato di caratteristiche di quegli elementi; questa è una caratteristica fondamentale del GIS.

Questo legame è realizzato mediante un identificatore o chiave, ovvero un codice univoco che viene assegnato contemporaneamente all'elemento geografico e al record che identifica l'insieme dei suoi attributi nella tabella.

L'esistenza di un tale legame permette di richiamare gli attributi a partire dai dati geografici e di accedere ai dati geografici in base agli attributi delle tabelle.

Questo legame consente al GIS di visualizzare le carte in modo dinamico sulla base di qualunque attributo scelto.

Tale legame è dinamico: se un attributo nella tabella cambia, cambia anche la rappresentazione grafica dell'elemento geografico associato.

La carta ha assolto la funzione di rappresentazione dei dati e di archivio dei dati al contempo, mentre il GIS ha la capacità di separare la rappresentazione dei dati dalla loro archiviazione. Ciò rende possibile accedere ai dati nel database, estrarre i dati di interesse, combinarli ed elaborarli con metodologie diverse a seconda degli obiettivi che l'analisi pone.

Il layer nei GIS: la carta geografica può essere scomposta in un insieme di strati geometricamente e semanticamente uniformi al loro interno: tali strati vengono detti layers. Un layer è l'equivalente di ciò che è una tabella per le basi di dati relazionali.

Una tabella è un contenitore di record strutturalmente identici, mentre un layer è un contenitore di dati geografici strutturalmente identici, ovvero con la stessa geometria e gli stessi attributi. Una carta geografica prodotta da un GIS è una sovrapposizione di layer opportunamente vestiti secondo regole che ne mettono in evidenza uno o più attributi (oltre ovviamente alla geometria).

Funzionalità di un GIS

I GIS presentano normalmente delle funzionalità di analisi spaziale ovvero di trasformazione ed elaborazione degli elementi geografici degli attributi.

Le capacità di analisi sono l'aspetto più caratterizzante di un sistema GIS, ma anche il più complesso da utilizzare in modo corretto

Sono l'elemento che rende il GIS un vero strumento di supporto alle decisioni, in quanto tali funzioni consentono il confronto e la sintesi di grosse quantità di dati. L'analisi spaziale fa emergere relazioni già presenti nella base dati cartografica in forma implicita, ma difficili da percepire compiutamente con la sola osservazione del dato.

Esempi di queste elaborazioni sono:

L'overlay topologico: in cui si effettua una sovrapposizione tra gli elementi dei due temi per creare un nuovo tematismo (ad esempio per sovrapporre il tema dei confini di un parco con i confini dei comuni per determinare le superfici di competenza di ogni amministrazione o la percentuale di area comunale protetta).

Le query spaziali, ovvero delle interrogazioni di basi di dati a partire da criteri spaziali (vicinanza, inclusione, sovrapposizione etc.).

Il buffering: da un tema puntuale, lineare o poligonale definire un poligono di rispetto ad una distanza fissa o variabile in funzione degli attributi dell'elemento.

La segmentazione: algoritmi di solito applicati su temi lineari per determinare un punto ad una determinata lunghezza dall'inizio del tema.

La network analysis: algoritmi che da una rete di elementi lineari (es. rete stradale) determinano i percorsi minimi tra due punti.

La spatial analysis: algoritmi che utilizzando modelli dati raster effettuano analisi spaziali di varia tipologia, ad es: analisi di visibilità.

Analisi geostatistiche: algoritmi di analisi della correlazione spaziale di variabili georeferite.

I sistemi WebGIS

Nel momento in cui un Sistema Informativo Geografico è condiviso nella rete, esso diventa un WebGIS (Shaig A., 2001). il Sistema di Informazioni Geografiche si libera dal vincolo legato alla macchina in cui il dato risiede e permette la piena condivisione e fruizione delle informazioni a tutti gli utenti della rete.

Internet è una rete di computer mondiale ad accesso pubblico attualmente rappresentante il principale mezzo di comunicazione di massa. Chiunque infatti disponga di un computer e degli opportuni software, appoggiandosi a un Internet Service Provider (ISP) che gli fornisce un accesso a Internet può accedervi ed utilizzare i suoi servizi.

Costituita da alcune centinaia di milioni di computer collegati tra loro con i più svariati mezzi trasmissivi, Internet è anche la più grande rete di computer attualmente esistente, motivo per cui è definita "rete delle reti" o "rete globale" (Brinkhoff, T., 200).

L'uso del web come canale di distribuzione dei prodotti cartografici è stato favorito da una serie di caratteristiche proprie della "rete delle reti" nella quale:

- le informazioni sono potenzialmente indipendenti dalla piattaforma utilizzata, poiché viaggiano suWeb.
- le informazioni raggiungono un pubblico ampio e distribuito.
- i costi sono ridotti rispetto alle spese richieste per stampare e aggiornare carte o atlanti.
- le informazioni sono facilmente e velocemente aggiornabili.
- il mezzo permette una presentazione dinamica, interattiva e multimediale dei dati.
- lo scambio dei dati è assicurato da standard condivisi e diffusi.

Accedendo ad un sistema WebGIS i dati cartografici e/o alfanumerici possono essere visualizzati, consultati e scaricati dagli utenti attraverso un'interfaccia di facile utilizzo, accessibile mediante un comune browser, una connessione ad internet, e se previsto, dopo un'autenticazione di sicurezza (attraverso ad esempio l'inserimento di login e password).

I WebGIS possono essere distinti in:

- WebGIS per la pubblicazione dei dati: questi si occupano principalmente della pubblicazione di dati statici, raster o vettoriali, come immagini aree georeferenziate, DTM, scansioni di carta oppure come curve di livello, confini amministrativi, etc.
- WebGIS per la gestione dinamica dei dati: questi oltre ad essere un'applicazione per la visualizzazione di dati, mappe ed immagini sono anche uno strumento di supporto alle decisioni (DSS) grazie alla capacità di compiere ricerche anche complesse di dati eterogenei, di aggregarne i risultati e restituirli sotto forma di semplici elenchi, tabelle o report e di permetterne la fruizione e la condivisione all'esterno, anche tramite accessi protetti. La pubblicazione e la fruizione delle informazioni in maniera capillare e diffusa da parte dell'utente finale, sia esso cittadino membro della comunità scientifica o amministratore locale, diffondono conoscenza e coscienza del bene ambientale e ne mettono in risalto il valore sociale ed economico.

Application Service Provider

Una tipologia di servizi informatici ormai piuttosto diffuso è quello degli Application Service Provider - ASP, i quali permettono l'erogazione di software tramite Internet dietro pagamento di un canone periodico calcolato sulla base dell'utilizzo del software stesso e rappresentano una delle aree più promettenti nel panorama dei servizi di Information Technology.

Tali servizi possiedono i seguenti vantaggi:

- riduzione della complessità della gestione dell'informatica in azienda o nell'ente
- diminuzione dei costi di Information Technology (investimenti e costi di gestione)
- sostituzione di costi fissi di Information Technology con costi variabili (canoni periodici spesso determinati sulla base dell'utilizzo effettivo degli applicativi)

- accesso ad applicazioni di elevata qualità ed al relativo know-how (spesso non implementabili in piccole realtà della pubblica amministrazione o in aziende di piccole dimensioni).

Un ASP (Application Service Provider) rappresenta un ottimo compromesso per la gestione e diffusione dei dati poiché si tratta di una soluzione in cui la configurazione dei dati, i software di interrogazione ed analisi sono installati presso computer remoti e gestiti direttamente da parte di un gestore (il sistema non richiede necessariamente una completa installazione presso il cliente); l'utente accede alle informazioni mediante un'interfaccia sviluppata secondo i canoni delle pagine internet: URL (indirizzo internet) - login – password.

Un sistema WebGIS adotta un'architettura a più livelli Client/Server ed è costituito da un ASP (Application Service Provider), basato su un Geodatabase che gestisce in modalità integrata informazioni cartografiche ed alfanumeriche, distribuite mediante la rete Internet grazie ad un Web Map Server ed applicazioni Web raggiungibili ad esempio tramite browser (Fig. 11).

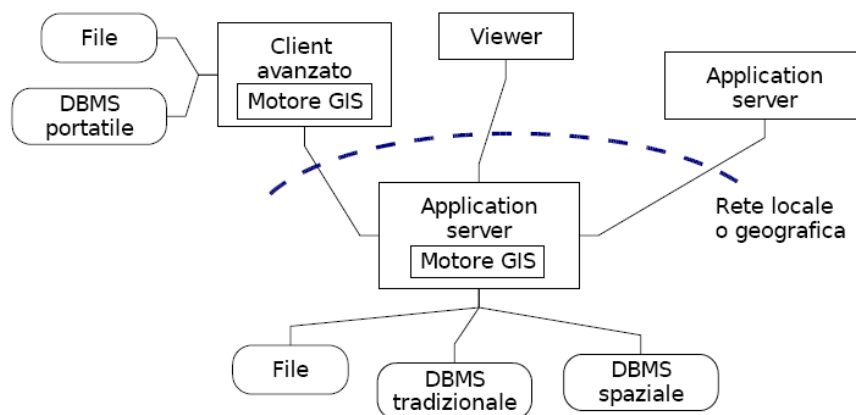


Figura 11: schema di un Application Service Provider (ASP)

In generale il Client svolge la funzione di un'interfaccia utente che permette l'interazione con i programmi Internet GIS (Client cartografico, un semplice Browser, o altro): Il Web Server riceve le richieste dei Client e fornisce pagine Web statiche e invoca l'Application Server. L'Application Server amministra le transazioni del server, la sicurezza dell'intero sistema e bilancia il carico sul server stesso.

2.3.2.Sistemi Mobile

Nell'attuale società umana la possibilità di lavorare in remoto su software connessi ad un sistema centrale e sincronizzato, ha dato modo di sviluppare la

comunicazione mobile che noi tutti conosciamo ed usiamo ormai in maniera profondamente radicata nelle nostre vite, ma ha anche permesso di sviluppare intere reti di scambio dati anche molto complesse partendo da strumenti di larghissimo consumo come smartphone e tablet.

L'integrazione con i sistemi mobili rende possibile la consultazione delle informazioni e delle interfacce operative tramite l'utilizzo di questi terminali, aumentando radicalmente la versatilità del progetto, grazie soprattutto alla possibilità di inserire i dati raccolti direttamente sul campo dagli operatori del settore. Essere al passo con queste tecnologie ed integrarle nei propri progetti significa anche coinvolgere un sempre maggior numero di utenti.

Non va tralasciata, infatti, l'importanza che stanno assumendo fenomeni come la "Citizen Science" o i "Voluntered geographic information" (VGI), ovvero reti informali di soggetti singoli, che proprio grazie alla disponibilità di tecnologie diffuse a basso costo e con utilizzo principale comune, la telefonia cellulare su tutto, contribuiscono alla raccolta ed alla fruizione di una grandissima mole di dati, un giacimento importantissimo per ogni attività di ricerca. Tutto ciò ha ancora più valore se si pensa che grazie a questo modo di raccogliere i dati, si può facilmente vincolare l'utente, compreso il cittadino non specializzato, a raccogliere i dati secondo precisi standard scientifici, attraverso software dedicato ed installato sul proprio terminale (le cosiddette "app"), su form predeterminati e stilati da personale qualificato. Dirigere in maniera così capillare ed allo stesso tempo minuziosa una raccolta dati di questo tipo, è qualcosa che poteva ancora risultare quasi avveniristico solo dieci anni fa, ma oggi è a tutti gli effetti uno strumento di lavoro consolidato e ormai imprescindibile in molti ambiti di ricerca.

2.3.3.IoT - Internet of things

La tecnologia può essere molto utile non solo per l'informatizzazione, la raccolta, la restituzione cartografica digitale dei dati raccolti e la loro analisi, ma può fare la differenza anche nella capacità di automazione di alcuni processi di raccolta e invio dei dati in remoto. Non solo quindi oggi si può facilmente lavorare in mobilità come precedentemente trattato, ma è anche possibile e sempre più semplice arrivare a delegare alcune importanti operazioni a sistemi integrati in una rete più ampia. Questa rete può raccogliere dati da più "utenze", siano esse umani (rilevatore specializzato o cittadino "scienziato") coi loro dispositivi, o macchine autonome. Quest'ultimo punto è diventato di primaria importanza laddove la

presenza umana può essere difficoltosa o comunque non possa essere continuativa. Tutto ciò non riduce solo lo sforzo del singolo ricercatore, ma fa sì che alcuni tipi di dati possano essere raccolti e inviati per un periodo di tempo maggiore, in aree molto vaste e in condizioni a volte impossibili da gestire (ad es. Il rilevamento di dati ambientali in mare e in condizioni meteorologiche avverse e per più giorni consecutivi) oppure economicamente svantaggiose se deve essere usata una risorsa umana.

Internet of Things (internet di cose) è un neologismo che si riferisce all'integrazione della rete con gli oggetti di uso comune, alla connessione fra strumenti e all'accesso reciproco ad informazioni acquisite da altri dispositivi.

Oggi l'IoT `e pesantemente presente in:

- Domotica;
- Industria;
- Telematica;
- WSN (Wireless Sensor Network);

Osservazioni estese sia nello spazio che nel tempo sono fondamentali per capire meglio certi fenomeni. Tuttavia, monitorare vaste aree e per molto tempo non è possibile, oppure è difficile e costoso. Infatti, solitamente, per misurare dati come ad esempio temperatura, umidità e velocità del vento si usano delle stazioni meteorologiche. Ne esistono di vari tipi, dimensione, costo e accuratezza, ma tutte hanno in comune certe caratteristiche: il costo di ognuna è piuttosto alto, l'ingombro di tutto l'apparecchio può non essere trascurabile, il consumo energetico non è molto basso e quindi devono essere collegate alla rete elettrica o a dei pannelli solari per funzionare a lungo e, infine, non hanno la capacità di formare una rete con le altre centraline.

Tuttavia, grazie all'evoluzione tecnologica, oggi stanno nascendo nuove sistemi atti a questi scopi. Queste nuove soluzioni sono state rese possibili dal progresso tecnologico, che ha consentito la creazione di hardware sempre più piccolo, performante ed efficiente in termini di consumo energetico, e sono conosciute come Wireless Sensor Network (WSN) (Kansal A. & Srivastava M.B., 2003).

Una WSN è un insieme di nodi dotati di CPU, memoria, radiotrasmettitore e sensori che effettuano delle misurazioni dell'ambiente (sensing) e le trasmettono ad un punto di raccolta, il quale poi le inoltra ad un sistema di elaborazione remoto. La caratteristica di questi nodi è che sono piccoli, consumano pochissima

energia, sono collegati tra di loro e costano poco. La rete che formano è auto-configurante ed autonoma, non richiede nessun intervento dell'uomo, può arrivare a coprire un'area molto estesa e può rimanere attiva per molto tempo.

Una sensor network è un'infrastruttura composta da elementi in grado di compiere misurazioni, elaborarle e comunicarle ad un punto centrale, dove i dati vengono gestiti. Una WSN (Wireless Sensor Network) può quindi essere definita come un insieme di nodi wireless interconnessi (anche detti mote, sensor node, wireless node o smart dust), aventi poca RAM e una CPU a basse prestazioni.

La struttura di una Wireless Sensor Network prevede solitamente diversi nodi wireless sparsi in un'area, che inviano periodicamente dati rilevati tramite sensori ad un punto di raccolta, detto sink o base station o gateway, il quale gestisce la rete, raccoglie i dati dei nodi e li inoltra ad un altro sistema remoto per ulteriori elaborazioni (Fig. 12).

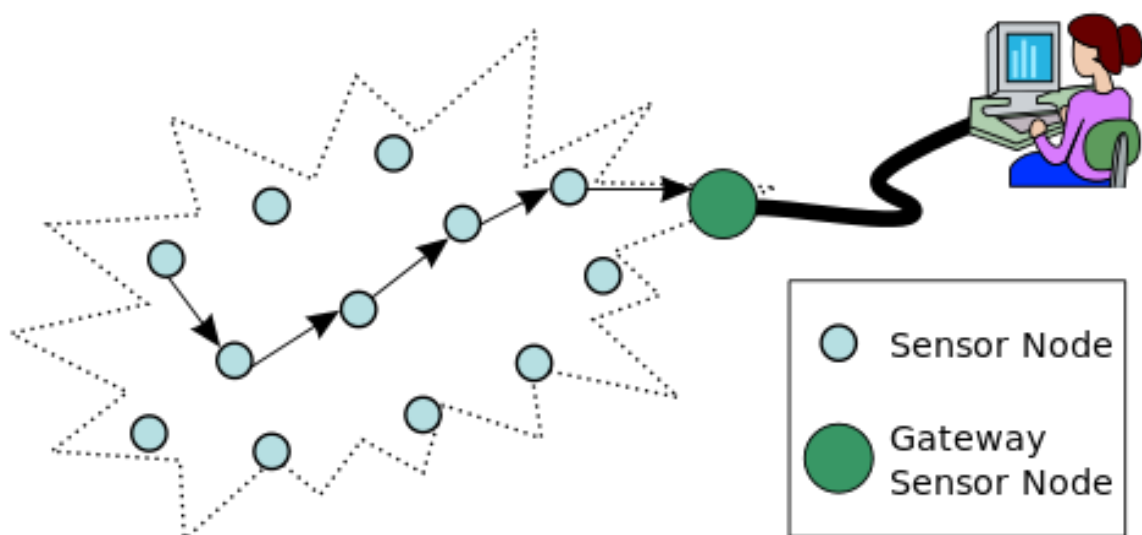


Figura 12: struttura di una Wireless Sensor Network (WSN)

Lo sviluppo delle Wireless Sensor Network è iniziato molto recentemente ed è un ambito multidisciplinare poiché richiede conoscenze di radio e networking, signal processing, gestione di database, intelligenza artificiale, ottimizzazione delle risorse, algoritmi di risparmio energetico, architetture di sistemi per l'utente e piattaforme tecnologiche (hardware e software). Inoltre, proprio il continuo sviluppo della tecnologia, spinge sempre più lontano eventuali limiti progettuali. Ad esempio, oggi esistono molti tipi di sensori, in grado di valutare diverse grandezze, di dimensioni notevolmente ridotte, dall'ottima affidabilità e dal basso consumo energetico. Questi sistemi vengono sempre più spesso utilizzate a supporto del

monitoraggio ambientale (Mainwaring A. et al., 2002; Goh H.G et al., 2006; Liu H. et al., 2007).

2.4. NORMATIVE SULLA GESTIONE INTEROPERABILE DEI DATI

2.4.1. Inquadramento internazionale

Negli ultimi anni sono state avviate numerose iniziative a livello nazionale, Europeo e globale per facilitare lo scambio della geo-informazione in diversi contesti applicativi, quali prima di tutto la Direttiva INSPIRE della CE e le relative Regole Implementative.

Proprio per favorire questo pieno interscambio dei dati e per coordinare i servizi di fornitura degli stessi l'Italia ha recepito la direttiva europea INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe) per rendere disponibili dati territoriali a sostegno delle politiche nazionali e comunitarie attraverso l'istituzione di una rete per la prestazione di servizi, intesi come web-services, per ricerca, visualizzazione, conversione di coordinate, scaricamento e interscambio di dati e metadati.

La gestione dei dati efficiente e razionale e la diffusione delle informazioni attraverso procedure standard per la descrizione e trasmissione dei dati raccolti (*metadati*) sono le solide basi su cui le recenti direttive europee (direttiva europea INSPIRE, MSFD e la Direttiva 2003/98/CE relativa al riutilizzo dell'informazione del settore pubblico) predispongono, in modo comune e integrato all'interno della Comunità Europea, una infrastruttura informatica, SDI (Spatial Data Infrastructure), allo scopo di rendere ricercabili, accessibili e riutilizzabili i dati ambientali mediante la rete internet a tutti i cittadini.

La notevole mole di dati acquisiti anche con le moderne tecnologie richiede opportuni sistemi per una gestione integrata.

In particolare nello specifico campo ambientale, il programma GEOSS (Global Earth Observation System of Systems) promosso dal GEO (Group on Earth Observation), la Comunicazione SEIS della CE; l'iniziativa congiunta EC/ESA per GMES (Global Monitoring for Environment and Security), la Direttiva Quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino stanno definendo tutti gli elementi di base per la realizzazione di infrastrutture di accesso a dati territoriali volte a favorire la disponibilità e l'omogeneità di accesso a dati distribuiti su piattaforme eterogenee

e hanno dato luogo a progetti internazionali, Europei e nazionali (es. i progetti pilota AIP di GEOSS, i progetti EuroGEOSS e SeaDataNet/SeaDataNet2, il progetto MyOcean in ambito GMES e JERICO, che propone un approccio pan-europeo per una rete europea di osservatori marino costiero, integrando le infrastrutture e tecnologie come mooring, boe flottanti, navi e GLIDER.

Soluzioni architetture per l'interoperabilità conformi a quanto specificato o proposto in tali iniziative e progetti, unitamente al ricorso a standard internazionali (es. ISO, OGC, CEN) a standard di comunità del settore marino e oceanografico (es. NetCDF-CF, Thredds, CDI) forniscono le basi e i presupposti per studiare e definire infrastrutture in grado di integrare i sistemi di osservazione, di analisi e previsione con i fornitori di servizi e prodotti agli utenti finali, nonché di interoperare con le principali infrastrutture esistenti o in fase di realizzazione, facilitando l'accesso e la fornitura di dati da e verso utenze diversificate (Pubbliche Amministrazioni, Ricerca, Imprese, Cittadino). Una interoperabilità efficace, non è solo una questione di tecnologia, ma anche e spesso richiede un cambiamento di filosofia, che vada verso "l'open".

2.4.2. Inquadramento europeo

Nel 2009 il Digital Britain Report ha definito i dati "una valuta innovativa" e la "linfa vitale dell'economia della conoscenza" (Burbridge e Maguire, 2009). Gran parte di questa valuta innovativa è prodotta, raccolta o acquistata dai governi dell'Unione europea. Si tratta essenzialmente di materiale grezzo per un'ampia gamma di nuovi prodotti e servizi informativi che si basano su nuove possibilità di analizzare e visualizzare i dati provenienti da fonti differenti. Si tratta di prodotti che vanno dai sistemi di supporto alle decisioni delle imprese, ai servizi basati sulla localizzazione, ai sistemi di navigazione dei veicoli, alle previsioni del tempo e ad altre applicazioni per gli smartphones.

L'accesso alle informazioni ambientali e le problematiche ad essa legate rivestono oggi molta importanza in quanto, dato l'aggravarsi delle questioni ambientali e dell'aumentata consapevolezza della loro rilevanza nella vita di tutti i giorni, si è sviluppata la necessità di informare i cittadini su tali argomenti per sensibilizzarli ma soprattutto favorire una maggiore presa di coscienza di tali problematiche al fine di contribuire alla crescita della responsabilità individuale e collettiva.

Far fronte in maniera efficace ai problemi ambientali e perseguire uno sviluppo economico e sociale sostenibile, in grado di preservare l'ambiente in cui viviamo e garantirlo alle generazioni future, non può prescindere da che la collettività venga informata e coinvolta nelle decisioni che governi e amministrazioni prendono e che investono il territorio e la qualità della vita.

Nell'Unione Europea, l'accesso ai dati spaziali ambientali è disciplinato dalla direttiva 2003/4/EC sull'informazione ambientale (che attua il principio della Convenzione di Aarhus) e dal capitolo IV della direttiva INSPIRE (Buri, 2012).

La Convenzione della Commissione Economica delle Nazioni firmata ad Aarhus il 25 luglio 1998 ed entrata in vigore a seguito della ratifica di 45 parti il 13/07/2001, riguarda l'accesso alle informazioni ambientali (definite all'art. 2), la partecipazione del pubblico ai processi decisionali e l'accesso alla giustizia in materia ambientale. In seguito la Commissione Europea ha adeguato il diritto comunitario ai nuovi standard di accesso all'informazione ambientale espressi nella convenzione con la direttiva 2003/4/EC. Essa stabilisce una serie di diritti dei cittadini (individuali o delle associazioni) per quanto riguarda l'ambiente. La direttiva sull'accesso all'informazione ambientale (2003/4/EC) mira a garantire il diritto di accesso all'informazione ambientale detenuta dalle autorità pubbliche, stabilisce le condizioni di base per il suo esercizio e inoltre impone che questa informazione sia resa disponibile e diffusa al pubblico, in particolare attraverso le ICT (Buri, 2012). Quasi contemporaneamente la stessa Commissione Europea ha emanato la Direttiva PSI, 2003/98/EC, relativa al riutilizzo dell'informazione del settore pubblico. La direttiva PSI incoraggia gli stati membri a massimizzare il potenziale dell'informazione del settore pubblico, rendendo possibile il riutilizzo della stessa e rappresenta un ulteriore sprone a rimuovere le barriere che ostacolano il riutilizzo dell'informazione del settore pubblico nell'Unione Europea.

I dati aperti, comunemente chiamati con il termine inglese *open data* anche nel contesto italiano, sono alcune tipologie di dati liberamente accessibili a tutti, privi di brevetti o altre forme di controllo che ne limitino la riproduzione e le cui restrizioni di copyright eventualmente si limitano ad obbligare di citare la fonte o al rilascio delle modifiche allo stesso modo. L'*open data* si richiama alla più ampia disciplina dell'*open government*, cioè una dottrina in base alla quale la pubblica amministrazione dovrebbe essere aperta ai cittadini, tanto in termini di trasparenza quanto di partecipazione diretta al processo decisionale, anche attraverso il

ricorso alle nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione; e ha alla base un'etica simile ad altri movimenti e comunità di sviluppo aperto, come l'*open source*, l'*open access* e l'*open content*.

E' importante rilevare che con la direttiva PSI non si introduce, per gli stati membri e per le loro amministrazioni pubbliche, alcun obbligo di cedere le informazioni. Si limita invece a fissare regole che favoriscano il processo di riuso e assicurino trasparenza e possibilità di concorrenza.

Un aspetto piuttosto importante riguarda la messa a disposizione delle informazioni pubbliche a soggetti terzi che vogliano riutilizzarli. Questa è la fase oggetto delle disposizioni contenute nella Direttiva europea, che sostanzialmente è focalizzata sulla "regole" da applicare in questa transazione e sulle azioni per favorirla. Naturalmente, per essere distribuita e riutilizzata, un'informazione non deve essere soggetta a vincoli. Sono pertanto da escludere dal riuso tutte le informazioni che presentano limitazioni all'accesso, in quanto soggette a diritti di proprietà intellettuale, a limitazioni legate alla privacy, a vincoli di sicurezza o riservatezza ecc. La Direttiva ed il Decreto escludono pertanto la possibilità di riuso per queste tipologie di documenti, così come per le informazioni detenute da emittenti di servizio pubblico, istituti d'istruzione e di ricerca, musei, biblioteche, archivi ed altri enti culturali, data la loro specificità. Inoltre non introduce, per gli stati membri e per le loro amministrazioni pubbliche, alcun obbligo di cedere le informazioni. Si limita invece a fissare regole che favoriscano il processo di riuso e assicurino trasparenza e possibilità di concorrenza.

Un ampio accesso ai dati scientifici, ad esempio, aiuterà i ricercatori di ambiti differenti a collaborare sulle stesse serie di dati, a dedicarsi a forme di ricerca completamente nuove e ad analizzare le correlazioni tra i risultati della ricerca (AA.VV., 2010). Di fatto il cambiamento di passo impresso al progresso scientifico dalla *e-science* permetterà di incrementare la produttività della ricerca e di trovare soluzioni nuove e inattese alle sfide sociali. Inoltre, l'interscambio tra la ricerca finanziata con fondi pubblici e il settore commerciale nell'ambito dello "Spazio europeo della ricerca online" permetterà di aumentare il ritmo e l'impatto dell'innovazione. (COM/2011/0882).

Riepilogando gli obiettivi alla base delle recenti direttive in materia di divulgazione e riuso dei dati sono i seguenti:

- le informazioni devono essere gestite quanto più possibile vicino alla fonte;

- le informazioni devono essere raccolte un'unica volta e condivise con gli altri soggetti interessati per più finalità;
- le informazioni devono essere prontamente accessibili alle autorità pubbliche e consentire loro di adempiere facilmente agli obblighi di comunicazione previsti dalla normativa ambientale;
- le informazioni devono essere prontamente accessibili agli utenti finali, e in particolare alle autorità pubbliche a tutti i livelli (dal livello locale a quello europeo), per consentire loro di valutare tempestivamente lo stato dell'ambiente e l'efficacia delle politiche perseguite e di elaborarne di nuove;
- le informazioni devono inoltre essere accessibili per permettere agli utenti finali (autorità pubbliche e cittadini) di effettuare comparazioni al livello geografico più appropriato (ad es. a livello di paese, città, bacino idrografico) e di partecipare in maniera significativa all'elaborazione e all'attuazione della politica ambientale;
- le informazioni devono essere pienamente accessibili al grande pubblico, dopo attenta considerazione del livello appropriato di aggregazione e tenuto conto dei vincoli di riservatezza, e a livello nazionale devono essere accessibili nella lingua o nelle lingue del paese;
- la condivisione e il trattamento delle informazioni devono avvenire tramite comuni strumenti software, liberi e open-source.

2.4.3. La direttiva INSPIRE

La Direttiva 2007/2/CE - INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità Europea ed è stata recepita dall'ordinamento italiano col DLgs. 27 gennaio 2010, n. 32.

INSPIRE è un framework legislativo volto a creare un'unica infrastruttura di dati geografici per l'intera Unione Europea che consenta la condivisione di dati geografici da parte delle amministrazioni pubbliche e l'accesso all'informazione ambientale per il pubblico. L'idea alla base della direttiva INSPIRE nasce dalla situazione frammentaria e non armonizzata di dataset geografici ad uso dei singoli stati membri, e delle organizzazioni che operano al loro interno. L'obiettivo principale è l'integrazione tanto delle infrastrutture quanto dei dati stessi, al fine di fornire un singolo punto di accesso a tutte le informazioni geografiche disponibili in maniera confrontabile.

Il progetto prevede di realizzare un'infrastruttura architetturealmente quindi non costruire uno spazio fisico di memorizzazione dei dati in cui riversare tutta la cartografia referenziata ed i dati già a disposizione dei singoli Stati Membri, quanto costruire una struttura per l'aggregazione dei dati esistenti.

Si prevede di raggiungere lo scopo mediante la creazione di un geo-portale che funga da interfaccia unica verso i vari servizi, che continuano ad essere gestiti dai vari enti degli Stati Membri e dalle organizzazioni interessate.

Per garantire che le infrastrutture di dati spaziali degli Stati membri siano compatibili e utilizzabili in un contesto comunitario e transfrontaliero, la direttiva impone regole comuni di implementazione (IR) che siano adottate in una serie di settori specifici (Metadati, Specifiche tecniche, Servizi di rete, Servizi di condivisione e monitoraggio e reporting).

Queste IR sono adottate come decisioni o regolamenti della Commissione, e sono vincolanti nella loro interezza.

La direttiva INSPIRE in sintesi si pone un duplice intento:

- rendere disponibili le diverse fonti di informazione geografica in supporto alla formulazione, implementazione, controllo e valutazione delle politiche comunitarie
- costruire una Infrastruttura di Dati Spaziali (SDI) capace di definire le condizioni favorevoli al riutilizzo ed allo sfruttamento, a fini commerciali, dell'informazione prodotta dal settore pubblico, fra cui quella geografica (Direttiva 2003/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa al riutilizzo dell'informazione del settore pubblico).

I metadati

Una delle componenti fondamentali dell'infrastruttura spaziale (SDI) sono i metadati, definiti come le informazioni che descrivono i set di dati territoriali e i servizi relativi ai dati territoriali e che consentono di ricercare, catalogare e utilizzare tali dati e servizi. I metadati rappresentano i veri e propri mattoni del web semantico, termine coniato da Tim Berners-Lee (2010) con il quale si fa riferimento alla possibilità di classificare i dati pubblicati sul web in maniera strutturata, in modo che la ricerca delle informazioni da parte degli utenti sia più efficace.

La Commissione Europea, con il regolamento n. 1205/2008, (Regolamento (CE) N. 1205/2008) ha stabilito i requisiti per la creazione e l'aggiornamento dei metadati per i dati territoriali e relativi servizi, al fine di renderli compatibili e utilizzabili nel contesto comunitario e in quello transfrontaliero.

Per garantire la piena interoperabilità, è opportuno stabilire le regole pratiche per l'interoperabilità dei set di dati territoriali al fine di assicurare la coerenza generale delle modalità tecniche per l'interoperabilità dei dati territoriali.

La direttiva INSPIRE, le specifiche dei servizi dell'Open Geospatial Consortium (OGC), l'Ecological Metadata Language forniscono tutti modelli di riferimento per la definizione dei metadati (Tab.1 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Un modello di metadato efficace non può prescindere dalla semantica, la quale si occupa di descrivere i dati in un formato adatto all'interrogazione e all'interpretazione (es. tramite motori di ricerca) e, più in generale, all'elaborazione automatica: l'utilizzo di definizioni e di vocabolari condivisi è un elemento centrale.

	INSPIRE		EML	OGC
n.	Dataset e Serie di dati	Servizi	Dataset	Geoservice
1	Titolo	Titolo	Dataset Title	Title
2	Descrizione	Descrizione	Dataset Abstract	Description
3	Tipo di risorsa (serie, dataset)	Tipo di risorsa (servizio)		Type
4	URL di accesso alla risorsa (se disponibile, per dataset o serie)	URL di accesso al servizio	Dataset Identifier	Source
5	Identificatore	Risorsa "coupled" (Unique Spatial Object Identifier)		Identifier
6	Lingua		Dataset Language	Language
7	Categoria	Classificazione del servizio	"Dataset"	Subject
8	Parola chiave	Parola chiave	Dataset Keyword Set	
9	Estensione territoriale (coordinate bounding box)	Estensione territoriale (Bbox)	Dataset Geographic	Coverage

			Bounding Coordinates	
10	Riferimento temporale (intervallo e/o date)		Dataset temporal extent	
11	Genealogia			Relation
12	Risoluzione spaziale (per dataset)			
13	Conformità	Conformità	Dataset legal obligation reporting	
14	Condizioni di accesso e uso	Condizioni di accesso e uso	Dataset access and use constraints	
15	Limitazioni all'accesso pubblico	Limitazioni all'accesso pubblico	Dataset intellectual rights	Rights
16	Organizzazione responsabile	Organizzazione responsabile	Metadata provider	Publisher
17	Punto di contatto metadato	Punto di contatto metadato	Dataset creator and contact points	Creator
18	Data metadato	Data metadato	Dataset publication date	Date
19	Lingua metadato	Lingua metadato		
Tot	19	15	14	13

Tabella 1: Metadati comuni agli standard INSPIRE, EML e OGC

I modelli di metadata EML - EnvEurope e OGC richiedono alcuni ulteriori campi (rispettivamente sette e due): in particolare EML pone l'attenzione su alcune informazioni legate alle modalità di campionamento del dato ecologico e sulla classificazione tassonomica adottata per riportare il dato biologico-tassonomico. Inoltre introduce i campi per specificare il sistema di riferimento altimetrico utilizzato e quello per archiviare la data di modifica aggiornamento del metadato (Tab. 2).

EML		OGC
Dataset geographic bounding	Metadata date	Contributor

altitudes or depths		
Dataset sampling description	Dataset taxonomic rank name	Format
Dataset methods description	Dataset taxonomic rank value	
Dataset instrumentation description		

Tabella 2: Campi di metadato aggiuntivi per gli standard EML e OGC

Lo standard OGC specifica in aggiunta il formato di uscita con cui i dati sono “serviti” e dettaglia meglio il contributor, chi compila il metadato.

2.4.4.1 geoservizi

I servizi OGC Web Service (OWS) costituiscono un protocollo standard d'interscambio ed interoperabilità per sistemi GIS Web-based che consentono di visualizzare e consultare dinamicamente mappe e dati in maniera georeferenziata, a partire da sorgenti di dati geografici distribuite.

Nel contesto delle SDI, i servizi web vengono usati per gestire, analizzare, elaborare e distribuire dati territoriali: le specifiche di tali servizi sono state definite dall'Open Geospatial Consortium e sono chiamati Geospatial Web Services o GeoServizi (Zhao et al., 2007).

Un sistema distribuito basato su GeoServizi permette la produzione lato Client di una carta o di dati, mediante la sovrapposizione di diversi layers.

La gestione del dato, la validazione e l'aggiornamento sono operazioni lasciate agli organismi preposti (chi fornisce il dato); per contro sfruttando questi protocolli l'utente usufruisce di dati altrimenti non accessibili perché per esempio troppo costosi da produrre o mantenere aggiornati (es. utilizzo d'immagini satellitari, serie storiche di parametri ambientali, dati oceanografici in tempo reale, carte biocenotiche, ecc).

Attraverso quest'approccio non è più indispensabile duplicare i dati sulle macchine locali, poiché il dato può essere trattato direttamente online ed è sufficiente salvare anche solo il risultato finale; d'altra parte si ha la certezza di consultare l'ultimo dato disponibile e/o utilizzare una versione certificata dei dati richiesti poiché il dato è distribuito direttamente da chi lo produce o da chi ne certifica l'attendibilità; la gestione del dato è affidata agli stessi enti che pubblicano il dato,

garantendone l'aggiornamento continuo: in tal modo l'utente può consultare e/o elaborare dati spaziali provenienti da numerosi fonti, continuamente aggiornati.

L'OGC collabora strettamente con l'Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione (ISO) attraverso una partnership con il comitato tecnico ISO 211 (TC211) per promuovere e approvare gli standard OGC ad un più alto livello di standardizzazione e diventare parte della serie ISO 19100. Ad esempio, il GML o il WMS sono ora standard ISO (Fig. 13).

Il GML, Geographic Markup Language, rappresenta un linguaggio open, derivante dal XML (eXtensible Markup Language), e serve a descrivere i dati geospaziali. Le caratteristiche principali sono:

- Separazione dei contenuti dalla rappresentazione
- Codifica efficiente delle geometrie
- Pensato per lo scambio d'informazioni geografiche tramite il web
- Fornisce un insieme di oggetti geografici comuni per la modellazione al fine di ottenere interoperabilità e indipendenza dalle applicazioni.

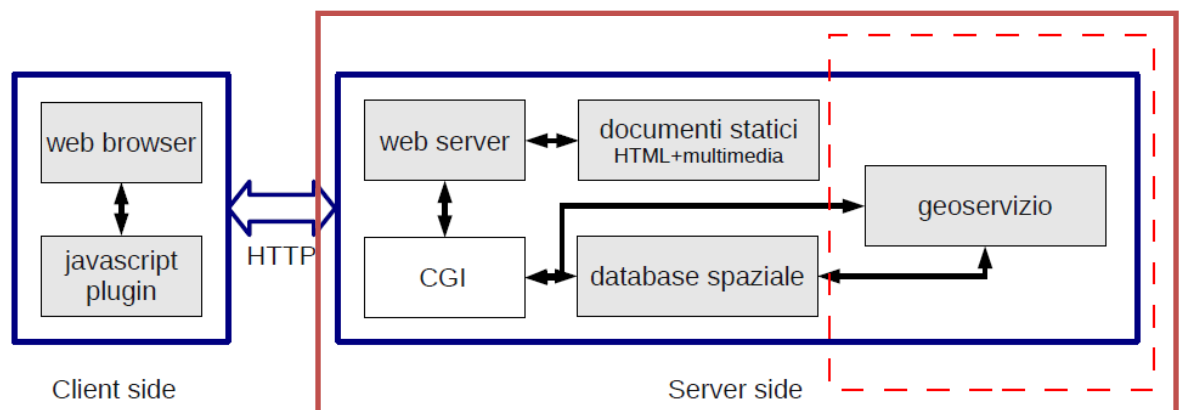


Figura 13: un geoservizio aggiunge a un sistema WebGIS le capacità di distribuire informazioni geografiche in diverse forme, effettuare ricerche, eseguire elaborazioni spaziali e gestire reti di sensori.

I principali geoservizi e standard sono:

- Web Map Service (WMS): WMS è un servizio web OGC che genera dinamicamente mappe di dati spazialmente riferiti, a partire da informazioni geografiche. Le mappe prodotte da un servizio WMS, sono disponibili come immagini raster oppure come mappe vettoriali (SVG o WebCGM). La richiesta di una mappa è invocata da un client mediante URL dove si specificano tutte le informazioni che l'utente desidera (p.e. porzione della terra, sistema di coordinate, formato immagine, dimensione immagine di output).
- Web Feature Service (WFS): WFS è un servizio web OGC che permette ad un client di recuperare, interrogare e modificare dati geospaziali, codificati nel

linguaggio GML. A differenza del WMS, che permette solo la restituzione grafica dei dati geografici, il WFS permette la restituzione di una mappa vettoriale con i dati alfanumerici associati.

- Web Coverage Service (WCS): WCS definisce un servizio di accesso ai dati che permette di effettuare query sulle coperture, come i modelli digitali del terreno, usando un'interfaccia basata su HTTP. La risposta ad una richiesta WCS comprende il metadato della copertura e una copertura in output i cui pixel sono codificati in uno specifico formato binario, come GeoTIFF o NetCDF.
- Web Processing Service (WPS) : WPS è un servizio web OGC la cui specifica consente di condividere l'accesso a funzioni, calcoli e modelli computazionali che operano su dati georeferenziati. Lo standard WPS fornisce le regole per la standardizzazione degli input e degli output (richieste e risposte) per i servizi di elaborazione di dati geospaziali.
- Sensor Web Enablement (SWE): SWE è un servizio web OGC ed ha come scopo di rendere scopribili, accessibili ed utilizzabili attraverso il web tutti i sensori, i trasduttori e le collezioni di dati da sensori. Definisce modelli di dati per lo scambio dati relativi a sensori in ambito SWE, rendendo possibile la codifica e la trasmissione di set di dati da sensori. Lo standard OGC Sensor Observation Service Interface Standard (SOS) fornisce un'API (Application Programming Interface) per la gestione di sensori ed il recupero di dati dai sensori (metadati ed osservazioni).

2.5. TEMI ED OBIETTIVI DELLA RICERCA

Lo scopo di questo progetto è quello di sviluppare tecnologie smart mediante le quali migliorare e implementare il sistema di monitoraggio dei rifiuti marini dal punto di vista quali-quantitativo. Il conseguimento di tale obiettivo consentirà anche di migliorare l'elaborazione delle informazioni, di pianificare e attuare interventi di prevenzione e gestione della problematica dei rifiuti marini.

Viene qui di seguito riportato un diagramma di flusso che delinea in maniera sintetica il procedimento seguito per raggiungere lo scopo del progetto (Fig. 14).

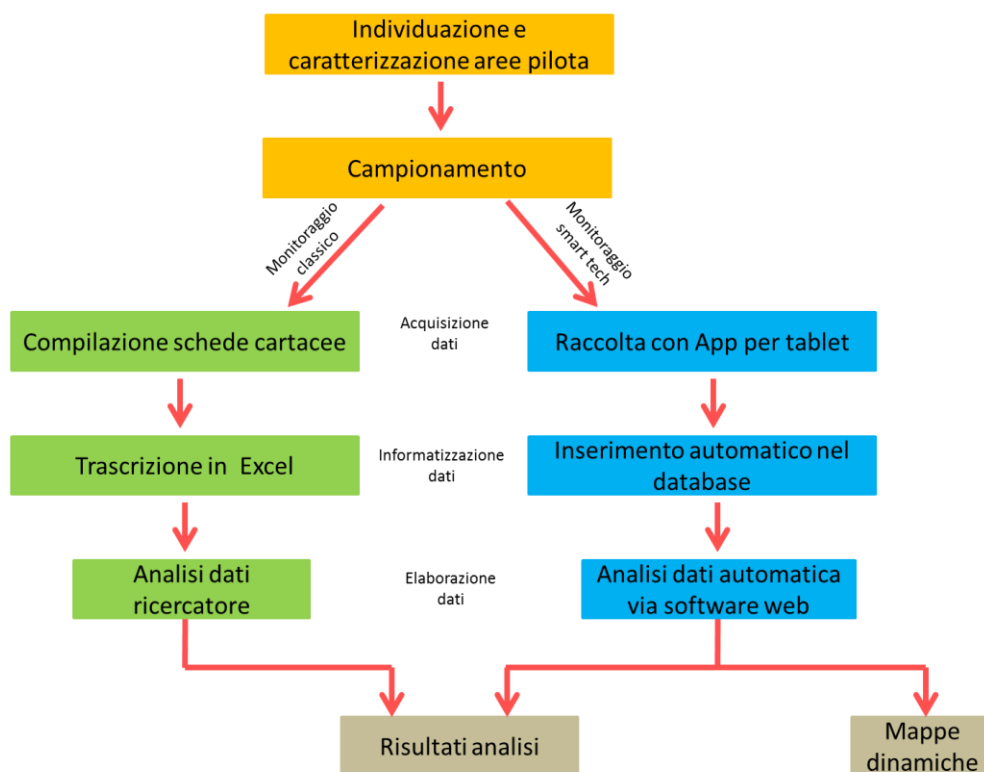


Figura 14: schema del procedimento adottato per raggiungere lo scopo del presente lavoro

Nello specifico vengono dettagliati i passaggi procedurali illustrati nel precedente diagramma e i relativi obiettivi:

- Individuare le aree pilota conformi ai criteri riportati sulle linee guida di ISPRA, sulle quali effettuare le attività di monitoraggio dei rifiuti marini;
- Caratterizzare le aree idonee individuate (area costiera e fluviale dei bacini interessati);
- Monitorare i rifiuti presenti nelle aree pilota tramite l'applicazione di metodologie standardizzate (ISPRA) normalmente utilizzate dagli enti preposti (ARPAL) mediante:
 - raccolta di dati di quantità, tipologia e origine dei rifiuti rinvenuti nelle aree pilota tramite la compilazione di schede cartacee standard;
 - informatizzazione dei dati raccolti tramite l'utilizzo di fogli di calcolo excel.

I dati così raccolti e i risultati ottenuti con il sistema di monitoraggio classico hanno permesso sia di progettare le nuove tecnologie sia di tarare le procedure e i risultati ottenuti con il sistema di monitoraggio tecnologico smart;

- Elaborare i dati raccolti nelle campagne di monitoraggio, tramite l'utilizzo dei classici software per l'elaborazione statistica di dati ecologici (PRIMER, R,

ecc), al fine di individuare quali analisi e quali indici consentono di caratterizzare i rifiuti (quantità, qualità e origine) e di verificare la corretta individuazione dei siti sulla base dei criteri definiti dalla normativa;

- Sviluppare sistemi tecnologici smart (smart tech) in grado di semplificare, velocizzare e ridurre la possibilità di commettere errori da parte dell'operatore tramite lo sviluppo di un App per tablet e cellulari come strumento per la raccolta dei dati e di un database relazionale e spaziale per l'informatizzazione e la gestione dinamica dei dati acquisiti;
- Sviluppare soluzioni software accessibili via web (WebGIS, Htsql, ecc) per la visualizzazione di mappe, tabelle e grafici dinamici elaborati in tempo reale e nel rispetto delle normative sulla gestione interoperabile dei dati (INSPIRE, OGC ecc) sulla base di parametri predefiniti (periodo temporale, sito ecc) selezionabili dall'utente; gli indici e le analisi statistiche eseguite dal software sono quelle precedentemente considerate significative per l'elaborazione dei dati raccolti durante le attività di monitoraggio;
- Implementare il prototipo del progetto BIMBA ("Bio-Mobile-BALL: sistema biodegradabile automatizzato per lo studio dei rifiuti in corsi d'acqua dolce e nelle zone marine costiere" finanziato dalla Regione Liguria sul PO CRO FSE 2007/2013 Asse IV - Distretto Ligure delle Tecnologie Marine) e sviluppare un sistema di comunicazione dei dati acquisiti tramite tecnologia WSN (Wireless Sensor Network) per coadiuvare lo studio sul trasporto e l'accumulo dei rifiuti nelle zone marine costiere tramite la raccolta di dati correntometrici.
- Sviluppare un sito web per la condivisione e diffusione delle informazioni e dei risultati;
- Fare un confronto tra il sistema di monitoraggio classico e quello tecnologico sviluppato.

3. MATERIALI E METODI

3.1. CRITERI PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE AREE PILOTA

La scelta delle aree pilota dove svolgere le attività su campo è stata effettuata in funzione della rappresentatività geomorfologica, idrologica, dimensionale, demografica e delle attività produttive (industrie, agricoltura).

Sono state pertanto individuate le seguenti quattro tipologie di aree per il monitoraggio dei rifiuti nelle spiagge:

- aree urbanizzate;
- foci fluviali;
- aree portuali o comunque indicative di inquinamento proveniente dal trasporto marittimo e dalla pesca;
- aree remote non direttamente accessibili a mezzi di trasporto via terra o individuate in aree protette.

E' stata identificata almeno un'area per ciascuna tipologia in modo tale che la distribuzione spaziale delle aree fosse rappresentativa dell'estensione costiera.

Inoltre le spiagge individuate sono:

- composte da sabbia o ghiaia ed esposte al mare aperto (senza barriere frangiflutti);
- accessibili ai rilevatori tutto l'anno;
- accessibili per un'eventuale rimozione dei rifiuti marini;
- una lunghezza minima di 100 m e, se possibile, più di 1 km di lunghezza;
- prive di insediamenti mobili nel periodo del rilevamento;
- preferenzialmente, non essere soggette ad alcuna altra attività di raccolta di rifiuti.

Infine sono state escluse le aree oggetto di pulizia da parte dei soggetti preposti o nell'ambito di campagne di sensibilizzazione della popolazione.

La scelta del sito in cui testare le strutture-prototipo sviluppate (descritte nel paragrafo 3.5) è stata condizionata dalla disponibilità di dati fisici e correntometrici storici raccolti durante le campagne di monitoraggio a lungo termine della rete LTER e dalla disponibilità dei mezzi nautici.

3.2. DATI DIMENSIONALI, MORFOLOGICI E DI PORTATA DEI BACINI INTERESSATI

Al fine di approfondire la capacità di trasporto e accumulo dei rifiuti che sono stati individuati ed identificati in questa fase progettuale è stato necessario raccogliere tutti i dati dimensionali, morfologici e di portata dei bacini interessati necessari per le future elaborazioni e sviluppi modellistici. I dati dimensionali e morfologici sono stati elaborati tramite analisi GIS, mentre i dati di portata sono stati presi dalla banca dati di ARPAL.

I dati di portata dei torrenti del versante tirrenico sono stati ottenuti tramite un modello idrologico sviluppato dal CIMA.

Per la sua costruzione sono state utilizzate: serie storiche di pluviometria, temperatura massima e minima giornaliera e misurazione di portata (dove disponibili). Sono stati inoltre utilizzati dati complementari quali copertura vegetale e urbanizzazione e dati più spiccatamente idrologici tra cui il curve number.

Questo modello è caratterizzato da un determinato numero di parametri utili a descrivere le differenti fasi del ciclo idrologico che conduce alla generazione delle portate di deflusso, in particolare il deflusso sotterraneo, l'intercettazione del manto vegetale e la ritenzione del suolo. Vengono quindi simulati l'effetto del suolo e della vegetazione, l'infiltrazione nel suolo ed il processo di ruscellamento in superficie.

La simulazione prevede una serie di serbatoi in cascata, che rappresentano i vari ambienti attraversati dalla precipitazione; le modalità di riempimento e svuotamento di tali serbatoi simulano i processi fisici che generano le portate di deflusso giornaliero.

Per la costruzione del modello è stata applicata un'analisi in componenti principali (PCA): questa tecnica ha permesso, una volta scelte le variabili da cui ci si aspetta dipendano i parametri del modello, di costruire il set di variabili ottimale per la successiva regressione multivariata, eventualmente escludendo o limitando l'importanza di variabili che non pesano nella determinazione della varianza dei parametri del modello afflussi/deflussi.

La PCA ha permesso di individuare in modo oggettivo le variabili "fondamentali" per applicarvi una regressione lineare multivariata:

- ✓ Rapporto tra area del bacino e la lunghezza dell'asta del torrente, (A/L);
- ✓ Pendenza media, (S);

- ✓ Quota media, (H);
- ✓ Valore medio del Curve Number, (CN);
- ✓ Altezza di pioggia media annua, (Hm);
- ✓ Temperatura media annua, (T);
- ✓ Longitudine, (long);

L'errore medio del calcolo dei volumi totali defluiti sono tutti compresi nell'intervallo 0.01- 0.4, e sono considerati accettabili. Inoltre è stato rilevato che il modello tende a sottostimare più che sovrastimare i deflussi. Nel calcolo dell'errore è stato preso in considerazione anche quello dovuto ai dati pluviometrici in quanto a loro volta soggetti a incertezza ed errori a causa delle condizioni esterne allo strumento e alle caratteristiche intrinseche del sensore.

Anche i dati di portata partecipano all'errore del modello stesso in quanto essi sono ricavati attraverso la scala di deflusso e quindi su misurazioni a carattere indiretto.

Poiché le stazioni di rilevamento di portata, e quelle per cui è stato applicato il modello, non coincidevano con quelle oggetto di campionamento, al dato di portata relativo alla stazione di rilevamento più vicina è stato applicato fattore di correzione che teneva conto degli eventuali prelievi o rilasci di volumi d'acqua in modo da avere un errore limitato.

3.3. TECNICHE DI MONITORAGGIO DEI RIFIUTI MARINI SULLE SPIAGGE

Per prevenire la problematica dei rifiuti e progettare soluzioni di smaltimento è necessario ricostruire il percorso che ha portato i rifiuti che troviamo in mare e sulle nostre spiagge. Sappiamo che la maggior parte dei "rifiuti marini" è di origine terrestre: a produrli e abbandonarli è l'uomo, mentre spesso sono l'acqua e il vento a trasportarli verso il mare. Identificare con esattezza il materiale di cui sono composti e il loro utilizzo serve proprio a capire la provenienza: solo in tal modo sarà possibile agire sulle cause, ovvero sui sistemi di smaltimento, sui processi produttivi e sui comportamenti delle persone.

Dopo un'attenta disamina dei protocolli già esistenti in materia, a livello nazionale ed internazionale, si è assunto come riferimento principale il documento "Monitoring Guidance for Marine Litter in European Seas" del Working Group on Good Environment Status (WG – GES) del Luglio 2013 per le parti generali e

descrittive delle metodologie di campionamento. Per le attività di monitoraggio e censimento di rifiuti si è fatto riferimento inoltre alle “Indicazioni metodologiche per la componente rifiuti marini” elaborate da ISPRA nell’ambito dei protocolli di intesa MATTM-Regioni per l’esecuzione di attività di indagine integrative ai fini dell’attuazione MSFD. Si è scelto quindi di utilizzare, ove possibile, metodologie già testate e validate da altri soggetti competenti, adattandole tuttavia all’ambiente fluviale e alle esigenze del progetto. I monitoraggi lungo i torrenti costituiscono un sistema economicamente conveniente per ottenere grandi quantità di informazioni. La stima della composizione dei rifiuti è uno dei grandi punti di forza delle valutazioni che riguardano l’ambiente fluviale. Una valutazione dettagliata della composizione dei rifiuti fornisce informazioni sul danno potenziale all’ambiente e, in alcuni casi, sulla fonte del rifiuto ritrovato.

Pertanto l’attività di monitoraggio è stata svolta adottando i seguenti criteri:

➤ **Caratteristiche della spiaggia:**

- ✓ Devono essere descritte le caratteristiche fisiche e geografiche della spiaggia e altre informazioni riguardanti eventuali fonti di inquinamento circostanti, quali fiumi, centri abitati etc. Tali informazioni devono essere riportate nella “Scheda identificativa della spiaggia” (Allegato 1).
- ✓ Il punto iniziale e quello finale tanto della spiaggia quanto di ciascuna porzione da campionare, devono essere registrati tramite coordinate GPS (gradi sessadecimali ; GG°,GGGGG) in WGS 84 UTM 32 nella suddetta Scheda identificativa.

➤ **Modalità di campionamento:**

- ✓ Ciascuna stazione individuata è costituita da tre porzioni della spiaggia da campionare (transetti) che coprono l’intera larghezza, dalla battigia fino al sistema dunale o alla vegetazione e/o ai manufatti. L’attuale metodica di campionamento redatta da ISPRA, aggiornata nell’autunno 2016, prevede che questi transetti debbano avere una lunghezza pari a 33 metri ed essere separati, l’uno dall’altro, da non più di 50 metri. Nei campionamenti precedenti questo aggiornamento, la metodica prevedeva dei transetti da 30 metri.

➤ **Frequenza di campionamento:**

- ✓ I protocolli di riferimento consigliano una frequenza stagionale (4 volte l’anno), o almeno semestrale (2 campagne l’anno, una primaverile e una

autunnale) : per gli scopi del presente progetto, si ritengono validi per la Liguria i seguenti periodi:

- Primavera: marzo con forbice temporale +o- dieci giorni.
- Autunno: novembre con forbice temporale +o- dieci giorni.

➤ **Modalità di rilevamento dei rifiuti sulla spiaggia:**

- ✓ Ciascuna unità di campionamento va percorsa in maniera sistematica, ortogonalmente alla linea di costa lungo un transetto, identificando, classificando e conteggiando in base alle categorie riportate nella scheda da campo (in accordo con i protocolli di riferimento) tutti i rifiuti solidi visibili, escludendo quelli rinvenuti scavando, differenziando, ove possibile, tra tre categorie: spiaggiato, deposto e origine indeterminata.
- ✓ Il numero totale degli oggetti appartenenti alla singola categoria tra quelle indicate nell'allegato 2 deve essere riportato sulla "Scheda Rilevamento Rifiuti sulla Spiaggia" riportata nell'allegato 3. In seguito all'aggiornamento della metodica stilata da ISPRA, nell'autunno 2016, i rifiuti sono stati riclassificati in 59 categorie (accorpare alcune tipologie di rifiuti) contenute in 10 macrocategorie principali.
- ✓ Gli elementi non riconducibili ad una particolare categoria di rifiuto o sconosciuti vengono catalogati come "altra voce" e una breve descrizione dell'oggetto deve essere inclusa nella Scheda Rilevamento (allegato 1.3). Ove possibile, devono essere scattate delle foto digitali in modo che i rifiuti possano essere identificati successivamente e, se necessario, aggiunti agli elenchi riportati nell'allegato 1.
- ✓ Nel caso di vetri o laterizi, sono categorizzati come rifiuto solo quelli immessi recentemente nell'ambiente e che quindi presentano spigoli vivi o taglienti e che non presentano quindi un arrotondamento evidente portato da fenomeni di trasporto o di erosione.
- ✓ Non sono stati considerati rifiuti i materiali lignei di evidente origine naturale quali ad esempio foglie, tronchi, canne e rami.
- ✓ La presenza di eventuali fascine, mazzi di fiori, piante invase, cannicci e manufatti in genere sono stati considerati rifiuti.
- ✓ Non è stato fissato un limite superiore per i rifiuti identificati. Sebbene in alcuni protocolli di riferimento il limite inferiore di rilevazione sia considerato intorno a 0.5 cm (pellets in plastica) è dubbio che oggetti così piccoli

possano essere adeguatamente ed efficacemente monitorati in maniera ripetibile. Per i nostri scopi, si è deciso di considerare 2.5 cm come limite inferiore: questa dimensione permette di includere tappi e mozziconi di sigaretta.

- ✓ Dopo essere stati censiti, i rifiuti rilevati e catalogati nell'area coperta dal campionamento devono essere preferibilmente raccolti e smaltiti.

3.4. ANALISI STATISTICA DEI DATI SUI RIFIUTI MARINI

SPIAGGIATI

I grafici a torta e ad istogrammi per caratterizzare la quantità e le tipologie di rifiuti rinvenute durante le attività di monitoraggio sono state effettuate mediante l'utilizzo del programma Excel.

I dati sono stati successivamente sottoposti ad analisi univariate e multivariate.

L'eterogeneità dei rifiuti marini in ogni spiaggia è stata calcolata attraverso l'indice di diversità di Shannon Wiener (H') e l'indice di equitabilità di Pielou (J'). Si tratta di misure quantitative che riflettono quante tipologie differenti sono presenti in un set di dati e tiene conto simultaneamente di quanto uniformemente le entità di base sono distribuite tra queste tipologie.

La composizione dei rifiuti marini nelle 5 spiagge è stata studiata mediante la hierarchical cluster analysis. La classificazione gerarchica comprende quelle tecniche numeriche che hanno lo scopo di riunire in gruppi gli oggetti (o le variabili) basandosi sulla loro somiglianza o correlazione in modo tale che gli elementi di un gruppo siano il più possibile simili tra loro e al contempo differenziati dagli elementi degli altri gruppi. In altre parole tendono a massimizzare l'omogeneità a livello dei gruppi e l'eterogeneità tra i gruppi. Queste analisi possono essere definite come metodi oggettivi per raggruppare gli oggetti (le stazioni nel nostro caso) in accordo con la similarità della struttura di una comunità (Burd et al., 1990). Al fine di applicare la cluster analysis i dati sono stati opportunamente trasformati con radice quadrata in quanto questa consente di ottenere un giusto equilibrio tra perdita di informazione e mantenimento della struttura distribuzionale delle entità (Somerfield & Clarke, 1997). Successivamente alla trasformazione dei dati e prima dell'applicazione dell'algoritmo di clustering è necessario calcolare una matrice di similarità (o distanza) tra gli oggetti. E' importante sottolineare che la scelta del coefficiente di similarità risulta in molti

casi più determinante di quella dell'algoritmo di classificazione (Scardi, 2001). Il coefficiente utilizzato in questo studio è quello di similarità di Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957). Questo coefficiente espressamente consigliato da molti autori (Field et al., 1982; Burd et al., 1990; Clarke & Warwick, 1994; Clarke & Gorley, 2006) è considerato un'ottima misura della similarità in quanto ben conserva la "distanza ecologica" delle comunità indagate (Clarke et al., 2006). Per ottenere infine la suddivisione delle stazioni in gruppi (dendrogramma) alla matrice triangolare di similarità ottenuta, si è applicato l'algoritmo di classificazione gerarchica della distanza media (*average group linkage*). Questo metodo tende ad unire classi con piccola varianza ed è leggermente distorto verso la costruzione di classi con uguale varianza.

In questo lavoro è stata inoltre utilizzata la tecnica di ordinamento nMDS (non parametrica multidimension scaling) che, come la cluster analysis, ha come punto di partenza una matrice triangolare di similarità (o distanza) ma diversamente ad altre tecniche di ordinamento non è basato su una procedura che preveda l'estrazione di autovalori e autovettori dalla matrice dei dati. Al contrario, questo metodo è basato su un algoritmo iterativo che prevede un aggiustamento progressivo dei punti nello spazio più o meno complesso in cui si desidera ottenere l'ordinamento. Ciò avviene minimizzando lo scarto tra la struttura delle distanze nello spazio originale e quella ottenuta nello spazio ridotto dell'ordinamento sulla base però dei ranghi delle similarità reciproche tra gli oggetti (Scardi, 2001). Questo scarto, detto anche *stress*, è utilizzato quale misura della bontà della rappresentazione. Inoltre, un vantaggio dell'ordinamento nMDS è che questo può essere messo direttamente in relazione con una cluster analysis ottenuta sulla stessa matrice dei dati, sovrimponendo al grafico dell'ordinamento i gruppi derivanti dalla classificazione ad un livello di similarità arbitrariamente scelto. Ciò permette di valutare la mutua consistenza di entrambe le rappresentazioni mediante il loro reciproco accordo (Clarke & Warwick, 1994). Anche per questa analisi è stata applicata la trasformazione con radice quadrata e come misura di similarità è stato utilizzato il coefficiente di similarità di Bray-Curtis. Le dissomiglianze nella composizione e nella quantità dei rifiuti marini tra le spiagge sono state analizzate attraverso l'Analysis of similarities ANOSIM, ossia una procedura non parametrica di inferenza statistica che consente di verificare se le differenze fra due o più gruppi (definiti a priori) di osservazioni multivariate sono

significative o meno (Clarke, 1993). Questa procedura permette quindi di verificare l'ipotesi nulla H_0 che non ci sono differenze tra i gruppi, analogamente a quanto fa l'analisi multivariata della varianza (MANOVA) (Ceschia, 2005). Ma rispetto a quest'ultima l'ANOSIM, anche se meno sensibile, risulta di più ampia e robusta applicazione in campo ecologico (non essendo legato alla normalità nella distribuzione dei valori). Il test può essere effettuato su una qualunque misura di distanza o di dissimilarità fra gli oggetti da analizzare ed utilizza il rango di tali misure piuttosto che i loro valori effettivi. Esso è basato sul calcolo della *statistica R* (compreso tra -1 e 1) dove valori positivi di *R* indicano che le distanze tra i gruppi sono maggiori di quelle all'interno dei gruppi, valori vicini a zero indicano che non ci sono differenze tra e all'interno dei gruppi, e valori negativi indicano maggiori differenze all'interno dei gruppi piuttosto che tra i gruppi. Per testare la significatività della *statistica R* si confronta il valore osservato con una distribuzione empirica dei valori della stessa *statistica* ottenuti, permutando aleatoriamente righe e colonne della matrice analizzata un numero molto elevato di volte (ciò equivale a rassegnare ciascuna osservazione ad un gruppo a caso) (Bonuso et al., 2002). Se il valore osservato di *R* è maggiore del 95% (o 99%) dei valori ottenuti con le permutazioni casuali della matrice analizzata, si può concludere che esso sia significativo e quindi rigettare l'ipotesi nulla H_0 , accettando l'ipotesi alternativa H_1 che ci sono differenze fra i gruppi di osservazioni (Scardi, 2001).

Tale procedura può essere condotta sia ad una via che a due vie prendendo in considerazione cioè uno o due fattori di variabilità.

Per identificare le categorie di rifiuti che contribuiscono alla dissomiglianza tra le spiagge è stato utilizzata l'analisi delle percentuali di similarità (SIMPER) (Clarke, 1993). L'analisi SIMPER (acronimo per SIMilarity PERcentage breackdown) permette di calcolare la dissimilarità media di campioni (stazioni) appartenenti a diversi gruppi (definiti a priori) e successivamente di scomporla nel contributo dato da ogni entità, inoltre da questa è anche possibile ottenere la similarità all'interno di ogni gruppo. Questa tecnica di esplorazione dei dati è quindi molto utile per conoscere quali entità sono maggiormente responsabili delle differenze riscontrate tra due o più gruppi di stazioni o tra lo stesso gruppo in due momenti successivi (Guerra-Garcia et al., 2006). Anche questa analisi richiede che sulla matrice di abbondanza delle entità opportunamente trasformata sia calcolata una matrice di

similarità o distanza dalla quale poi ricavare le similarità intra-gruppo, la dissimilarità inter-gruppo e i contributi dati a questa da ogni entità (Clarke & Warwick, 1994). In questo studio, la procedura SIMPER è stata applicata alla matrice triangolare di similarità di Bray Curtis ottenuta dai valori di abbondanza delle entità previa trasformazione con radice quadrata.

Tutte queste analisi sono state eseguite utilizzando PRIMER 6β.

La pulizia delle spiagge è stata valutata attraverso l'indice di pulizia della costa (CCI) di Alkalay et al. (2007):

$$CCI = (NT/AT) \times K$$

Dove:

NT= numero totale di rifiuti di un transetto;

AT= area totale del transetto (prodotto della lunghezza e della larghezza del transetto);

K= costante uguale a 20;

L'unità di misura del CCI è numero di rifiuti al mq.

Le spiagge sono state classificate da "Pulito" a "Estremamente sporco" secondo la scala fornita da Alkalay et al. (2007) (Tab. 3).

Qualità	Valore	Definizione
Molto pulita	0-2	Assenza di rifiuti visibili
Pulita	2-5	Assenza di rifiuti visibili su larga scala
Moderata	5-10	Presenza di alcuni rifiuti
Sporca	10-20	Presenza di molti rifiuti sulla spiaggia
Molto sporca	20+	La maggior parte della spiaggia è coperta da rifiuti

Tabella 3: Indice di Pulizia delle Spiagge (CCI) – valori e definizione delle classi di qualità

Questo indice è una misura della pulizia delle spiagge che è stato originariamente utilizzato sulle spiagge israeliane (Alkalay et al., 2007) e successivamente in altri studi sui rifiuti marini nel Mediterraneo (Alkalay et al., 2007; Laglbauer et al., 2014; Munari et al., 2016).

In questo studio è stato utilizzato il CCI per confrontare il comportamento dei rifiuti marini tra le diverse spiagge scelte per le attività di monitoraggio.

Il CCI è un metodo utile per il rilevamento della pulizia delle spiagge che è sempre più utilizzato grazie al suo approccio semplice, attuabile, oggettivo e adatto alle spiagge del Mediterraneo (Alkalay et al., 2007). Inoltre, il suo frequente uso

passato e corrente (nelle fonti citate sopra), rende i risultati di questo studio comparabili a quelli di altre aree.

Al fine di testare la significatività delle differenze nell'indice di pulizia delle spiagge (CCI) tra i diversi fattori (campionamenti, spiagge, stagioni, transetti, bacini fluviali, pressioni antropiche, influenza dei fiumi), sono stati usati i test ANOVA e Two Sample t-test. Il test parametrico ANOVA è stato utilizzato previa trasformazione opportuna dei dati in scala logaritmica per ottenere una distribuzione normale dei dati e varianze omogenee, verificate rispettivamente tramite il test di Shapiro Wilk e il test di Levene. Il test parametrico Two Sample t-test è stato utilizzato previa trasformazione o pportuna dei dati in scala logaritmica per ottenere una distribuzione normale dei dati e varianze diverse è stato invece applicato per confrontare le medie tra due gruppi. Per facilitare la lettura dei risultati di test sopra citati sono stati realizzati dei grafici a box plot.

Tutti questi test sono stati eseguiti utilizzando il software open source RStudio (Version 1.0.153, © 2009-2017 RStudio, Inc).

3.5. TECNOLOGIE INFORMATICHE

La fase iniziale di questo lavoro ha previsto l'analisi dei sistemi e delle tecnologie informatiche GIS e WebGIS attualmente utilizzate nel campo del monitoraggio ambientale.

Vista la necessità di abbattere i costi di realizzazione del prodotto finale, l'analisi si è concentrata sull'uso di tecnologie basate su software libero e open source che utilizzano i protocolli standard OGC consentendo la piena interoperabilità dei dati e facilitandone quindi la comunicazione e lo scambio tra enti diversi.

Questa scelta permette di sfruttare l'enorme varietà di strumenti disponibili da programmi diversi, selezionando quello migliore per ogni fase, e garantire così l'interoperabilità con altri software.

L'uso di software libero e open source in ambito ecologico sostiene la diffusione libera della conoscenza e permette ad altri soggetti di ripetere gli esperimenti, un principio fondamentale della ricerca. Si è quindi proceduto all'individuazione dei software da utilizzare per la realizzazione del progetto.

E' stata data primaria importanza a un'accurata scelta dei software che fossero già ottimizzati per lo scopo preposto. Le soluzioni individuate sono riportate nei seguenti capitoli.

3.5.1.Applicazioni per smartphone e dispositivi portatili

Al fine di fornire un valido strumento per la raccolta e l'inserimento dei dati di campo agli operatori ed agli utenti non specializzati, sono stati elaborati dei form predefiniti e facilmente compilabili anche in mobilità.

La piattaforma che si è deciso di utilizzare per lo sviluppo dell'applicazione mobile è Apache Cordova (Phonegap).

Apache Cordova è uno strumento di sviluppo open source, creato da Nitobi, per fare da ponte tra le applicazioni Web e i dispositivi mobili (Fig. 15). Con Cordova è possibile:

- utilizzare le principali risorse del dispositivo, quali file system, fotocamera, accelerometro, GPS o multitouch tramite un set di dispositivi APIs.
- scrivere un'applicazione mobile sfruttando HTML, Javascript e CSS tramite l'utilizzo di un frame work Ui come jQuery Mobile o Dojo Mobile o Sencha Touch ecc.
- pubblicare su tutte le piattaforme e i marketplace: da iOS a Android, da Windows Phone a Blackberry e a Bada.

Quando si usano le APIs Cordova, un'app può essere scritta senza utilizzare nessun codice nativo (Java, Objective-C ecc...). Sono invece utilizzate tecnologie web che sono ospitate nell'applicazione stessa in maniera locale (generalmente non su un server http remoto).

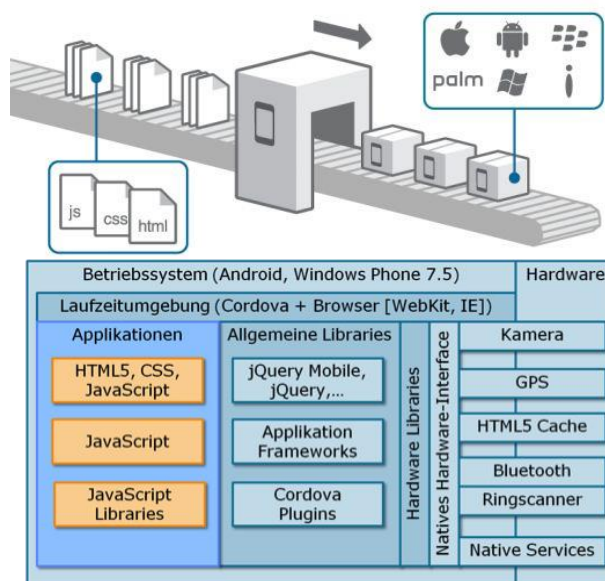


Figura 15 : schema funzionamento Apache Cordova(Phonegap)

E siccome queste APIs JavaScript sono ben presenti su molti apparati differenti e costruite attraverso standard web, l'app dovrebbe poter essere trasportata da una piattaforma all'altra con cambiamenti minimi o nulli.

Le app che usano Cordova sono ancora presentate come app che usano la piattaforma SDKs e possono essere rese disponibili su qualsiasi app store per ogni apparato.

Cordova fornisce un set di librerie JavaScript uniformi che possono essere invocate, dotate di un codice di salvataggio apparato-specifico per quelle librerie JavaScript.

3.5.2.Database

Un DBMS (DataBase Management System) è un sistema software specializzato nell'archiviazione e nella gestione efficiente ed efficace di grandi moli di dati organizzati in database (o basi di dati), che fornisce dei meccanismi avanzati per garantire l'affidabilità dei dati (fault tolerance), il controllo degli accessi e il controllo della concorrenza.

Più in particolare, un DBMS è costituito da un insieme di moduli software specifici, progettati per consentire la creazione, la manipolazione, l'interrogazione e la sicurezza dei database. Un DBMS, inoltre, gestisce i database svolgendo anche la funzione d'interfaccia tra le applicazioni (o anche direttamente gli utenti) e il database, controllando gli accessi e l'integrità dei dati.

Per informatizzare, archiviare e gestire i dati raccolti dalle strutture biodegradabili è stato sviluppato un geodatabase implementato su PostgreSQL/PostGIS.

Si tratta di un database relazionale con estensione spaziale, che consente rispetto alle tradizionali basi di dati orientate ad oggetti, una migliore gestione dei dati relazionali e spaziali (Tamer-Ozsu,1999).

Il geodatabase relazionale implementato è basato sul modello Entità – Relazione, un tipo di modello concettuale i cui costrutti principali sono le Entità, gli Attributi e le Relazioni le quali, con la loro cardinalità, rappresentano veri e propri legami logici tra differenti Entità (Mogorovich, 2003).

Le entità sono insiemi di oggetti concettualmente appartenenti ad una stessa classe, aventi proprietà comuni ed esistenza autonoma rispetto agli elementi di altre entità. Esse sono caratterizzate da attributi, e da una chiave. Un'entità viene indicata graficamente con un rettangolo; all'entità sono associati i suoi attributi.

Ad esempio nel diagramma seguente gli attributi sono collegati all'entità da una linea con un cerchio finale; l'attributo o gli attributi con il cerchio pieno indicano l'attributo o l'insieme di attributi che costituiscono la chiave dell'entità (Fig. 16).

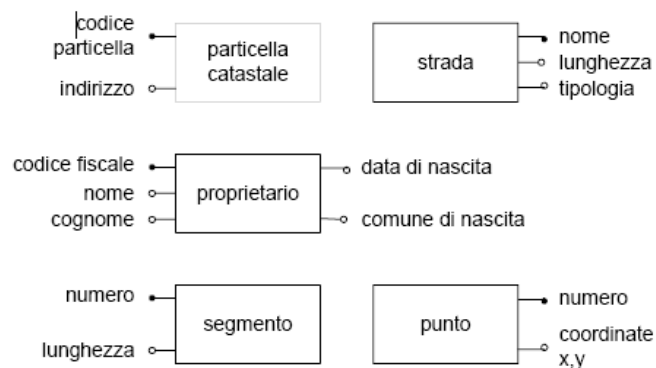


Figura 16: esempio di struttura di una entità

Gli insiemi di entità rappresentano i generici insiemi di fenomeni che devono essere modellati nel database specifico da progettare. Ad esempio un'entità può essere una città, una particella catastale, una strada etc. Ogni attributo ha un range di possibili valori; tale range è il dominio o l'insieme di valori (Fig. 17).

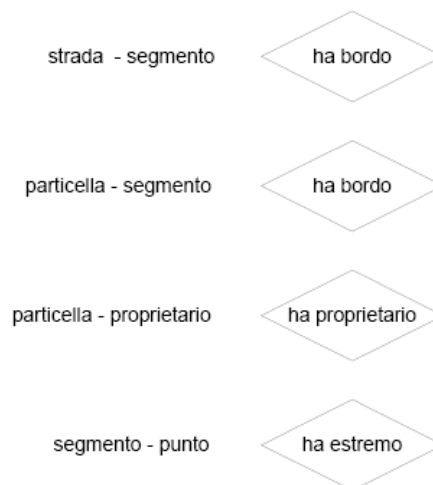


Figura 17: esempio di struttura di una relazione

La relazione è il legame concettuale tra due o più entità. Formalmente una relazione è definita come sottoinsieme di prodotti cartesiani di due o più insiemi di entità.

Una relazione:

- può avere attributi.
- per ogni entità che partecipa alla relazione viene indicata la cardinalità, cioè il numero (minimo e massimo) di legami che un elemento di quell'entità può formare (Fig. 18).

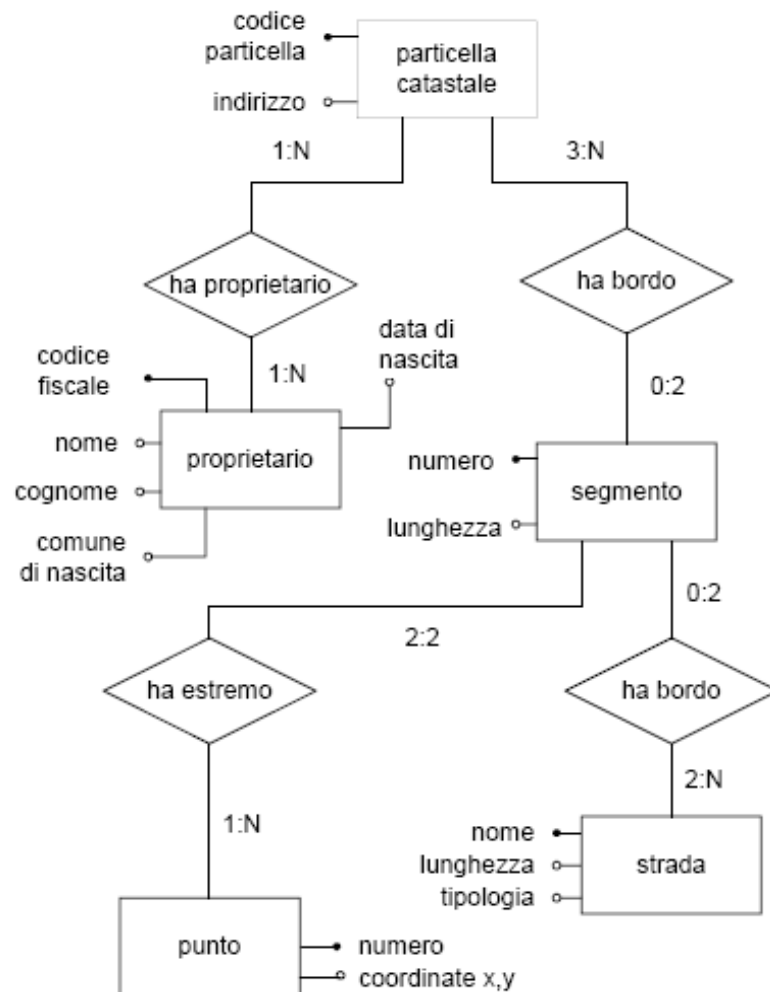
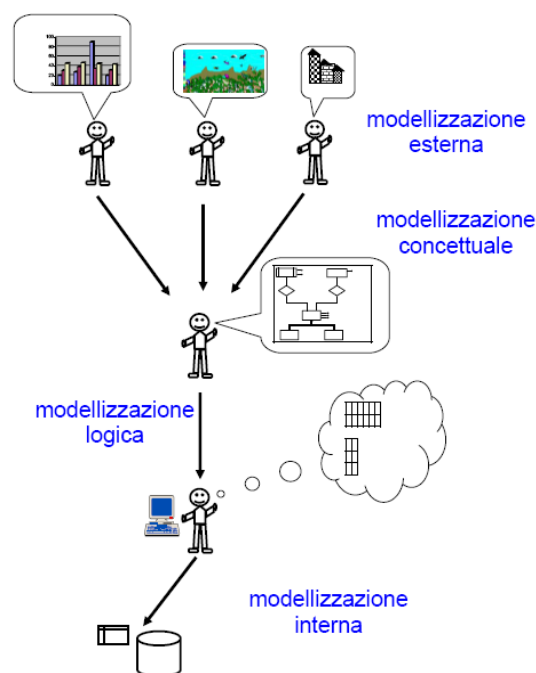


Figura 18: esempio di diagramma entità-relazione

Il GIS prevede la gestione delle informazioni geometriche, topologiche e informative in un database relazionale mediante uno specifico modello fisico fatto di tabelle, campi chiave, record, indici e vincoli (Fig. 19).

Il modello fisico dei dati sviluppato è costituito da due tipologie di tabelle:

- Tabelle elenco, le quali contengono informazioni di carattere gestionale per il sistema e sono popolate ed aggiornate da chi amministra il database. Esse hanno la funzione di fornire elenchi di valori al fine di facilitare e velocizzare l'inserimento dei dati ed ovviare a problemi di digitalizzazione errata (ad es. elenco unità di misura, parametri etc).
- Tabelle dati, le quali contengono le misure fatte e le informazioni relative ai campionamenti. In queste tabelle sono contenuti i dati che possono essere inseriti nel sistema in maniera automatica o tramite apposite maschere di inserimento (ad es. posizione, variabili indagate, matrici campionate, etc).



13

Figura 19: schema di modellizzazione di un database

Per facilitare e rendere ancora più efficiente l'inserimento dei dati è stato inserito all'interno del sistema il nuovo modulo software open source ETL (Extract, Transformation, Load) GeoKettle grazie al quale è possibile personalizzare completamente la procedura di importazione evitando all'utente il compito di riorganizzare i dati secondo le specifiche previste dal sistema, diminuendo sia i tempi d'importazione sia i possibili errori.

Le applicazioni definite ETL (Extract, Transformation, Load) come GeoKettle, presentano la base di partenza per la fase di integrazione del dato. Tali applicazioni assolvono il compito di estrarre i dati provenienti da sorgenti eterogenee, rielaborarli e adattarli a uno schema comune.

Con l'acronimo ETL (Extract, Transformation e Load) ci si riferisce al processo di estrazione, trasformazione e caricamento dei dati in un sistema di sintesi come RDBMS e Data Warehouse o in formati file tipici per la successiva analisi di dettaglio del dato (es excel, csv ecc).

Il software è caratterizzato da un'interfaccia semplice e intuitiva, lo Spoon, che permette attraverso icone e hop (collegamenti) di costruire procedure ETL.

Grazie a questo software sarà possibile realizzare procedure ETL che permetteranno di svolgere in modo autonomo i processi di estrazione, trasformazione e inserimento munendo il sistema di un potente e flessibile strumento per la gestione e analisi dei dati attraverso facili procedure (Fig. 20).

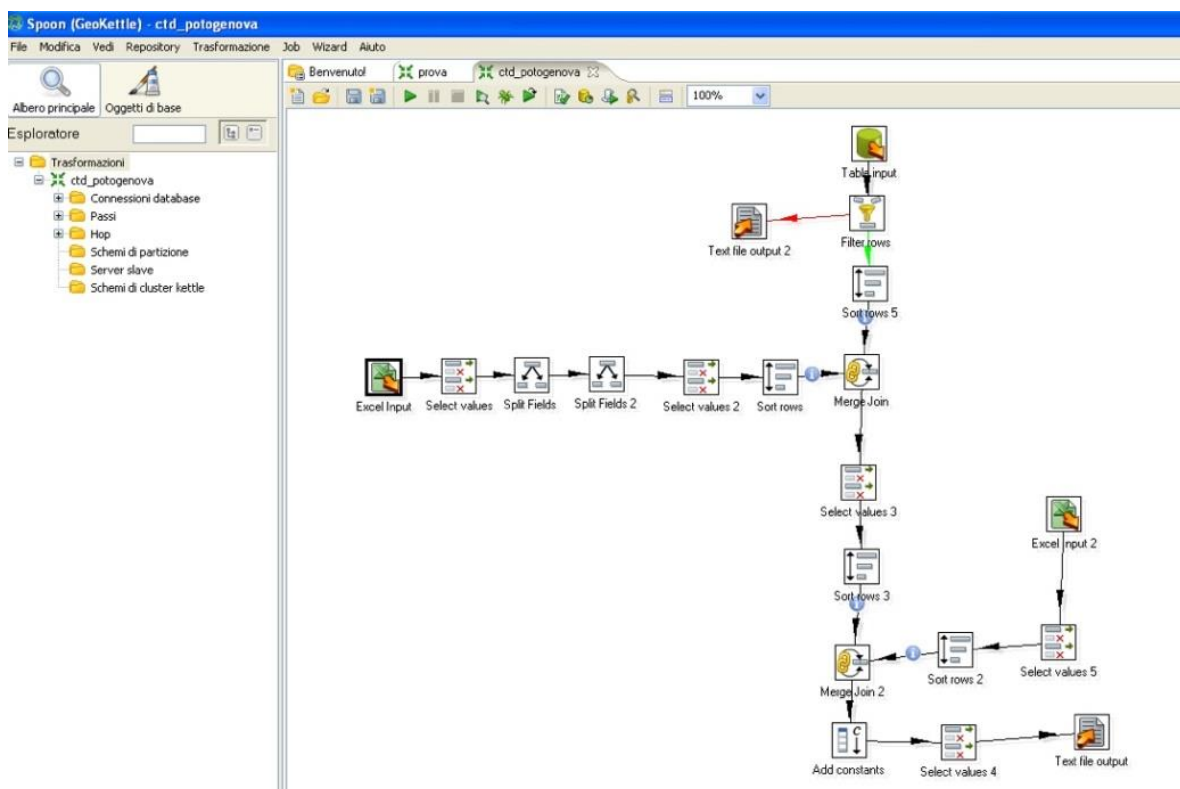


Figura 20: esempio di procedura ETL creata mediante l'interfaccia Spoon di GeoKettle

All'interno del database è possibile compiere operazioni di ricerca, aggiornamento, cancellazione e modifica dei dati attraverso l'utilizzo del linguaggio SQL. Una query rappresenta un'operazione sui dati eseguita mediante codice SQL: tale operazione segue le regole standard dei costrutti SQL e sfrutta i collegamenti tra le tabelle, realizzati nel modello fisico attraverso l'uso di campi chiave, per estrarre informazioni dal database.

3.5.3. Sistema WebGIS

I sistemi WebGIS estendono all'ambiente internet/intranet molte delle funzionalità proprie dei GIS, consentendo di accedere a database territoriali remoti attraverso le funzioni di un normale browser internet, senza necessità di installare sul proprio computer software specializzati.

La visualizzazione delle mappe all'interno di un WebGIS avviene attraverso un client-cartografico, un'applicazione web che svolge la funzione di interfaccia utente e permette la navigazione e l'interazione dell'utente con le mappe ed i dati che risiedono in un database.

Esistono molti client-cartografici disponibili, sia OpenSource (PMapper, Ka-Map, GisClient, ecc) sia proprietari (ArcIMS, Map Guide, ecc): molti di questi, oltre a fornire strumenti per la navigazione della mappa, quali zoom e pan, offrono anche

la possibilità di “interrogare”, in maniera più o meno complessa, i differenti livelli informativi caricati ed i dati ad essi associati.

Il software che si è deciso di utilizzare in questo progetto è il Gisclient3.0, che è un software open source scritto in AJAX, Javascript, PHP / MapScript. GisClient è in grado di creare e gestire servizi geospaziali distribuiti, anche in caso di Data Warehouse particolarmente complessi.

Si tratta di uno strumento di configurazione in grado di

- creare mapfile per MapServer, fornire mappe OpenLayers,
- pubblicare dati da qualsiasi fonte importante di dati spaziali utilizzando standard aperti,
- creare file di configurazione per tutti i componenti (MapServer, OpenLayers già testati, TinyOWS, MapProxy, cache tile in corso),
- esporre interfacce standard (come MapContex e OWScontext),
- creare le opzioni di configurazione per supportare client OpenLayers avanzati (plugin come Stampa, Modifica mappa ..).

Si tratta di un sistema completo basato su due componenti.

1. Sever side: l'author, uno strumento di configurazione Web per Mapserver. Il GisClient author è certamente il grande elemento di innovazione portato da questa applicazione nel panorama dei WebGIS attualmente disponibili. La componente author permette il disegno di mappe, la definizione dei temi, la gestione di funzionalità di import/export, copy/move, clone e la progettazione di modelli di visualizzazione e di ricerca.
2. Client side: si basa su Openlayers e usa il layout GeoExt. La componente viewer permette all'utente di navigare le mappe (zoom, panning etc), conoscere la posizione (coordinate) e il significato degli oggetti visualizzati (legenda), calcolare lunghezze e aree, interrogare la mappa e il database associato. Inoltre, i risultati della ricerca possono essere visualizzati come un elenco o una tabella che possono essere esportati in diversi formati standard.

3.5.4.Elaborazione spaziale dei dati - WPS

Lo standard OGC Web Processing Service (WPS) Interface fornisce regole per la standardizzazione dei flussi di informazione (input/output) per servizi di elaborazione di dati spaziali. Lo standard definisce anche come un client può

richiedere l'esecuzione di una procedura e come è gestito il suo output. Inoltre è definita un'interfaccia per la pubblicazione di procedure geospaziali, la loro scoperta (discovery) e il loro utilizzo da parte di un client.

I dati (spaziali o meno) richiesti dalle procedure di elaborazione implementate possono essere già presenti sul server oppure essere inviati dal client (direttamente o indirettamente indicando altri servizi).

Il WPS è lo standard OGC per fornire l'accesso dell'utente tramite Internet ad elaborazioni pre-programmate e/o a modelli di calcolo che operano su dati spaziali. Questo standard offre praticamente qualsiasi tipo di calcolo attraverso Internet mediante la definizione di una comunicazione standard tra un fornitore di servizi e il suo potenziale utilizzatore. A questo proposito, sono supportate le richieste:

- **GetCapabilities**, fornisce informazioni sul servizio (descrizione, versione, parole chiave, costi, vincoli di accesso), sul fornitore del servizio (nome, luogo, contatto) e le lingue ed operazioni supportate. Inoltre, restituisce anche un elenco dei processi offerti specificando per ciascuno di essi l'identificatore e una breve descrizione.
- **DescribeProcess**, restituisce informazioni dettagliate su un particolare processo di interesse fornendo un elenco degli input e degli output obbligatori e/o opzionali con la descrizione delle loro caratteristiche; per ogni parametro sono specificati occorrenza minima e massima, valore predefinito (se esiste), unità di misura, tipologia (dati complessi, dati letterali o regione geografica) e formato (tipo MIME, la codifica e lo schema).
- **Execute**, consente all'utente di eseguire il processo d'interesse e recuperare il risultato secondo le regole specificate nella risposta del **DescribeProcess**.

Zoo Project

ZOO è un progetto open source, recentemente rilasciato con licenza di tipo MIT/X-11 che fornisce un semplice framework WPS compatibile con OGC per creare e concatenare servizi WPS.

ZOO è progettato per rendere più facile lo sviluppo di servizi WPS lato server, fornendo un potente sistema in grado di capire ed eseguire interrogazioni conformi allo standard WPS fatte dall'utente finale inserendo una URL in un comune browser. Supporta diversi linguaggi di programmazione, il che permette di creare i servizi Web nel linguaggio che si preferisce e di utilizzare codici esistenti.

Un Servizio WPS sviluppato con ZOO è un collegamento costituito da un file di configurazione ZOO (.zcfg) e dal codice per l'applicazione corrispondente. Il file di configurazione descrive tutte le funzioni disponibili che possono essere chiamate tramite una richiesta WPS e i formati di input/output. I Servizi contengono gli algoritmi e le funzioni, e attualmente possono essere implementati in C/C++, Fortran, Java, Python, PHP e JavaScript.

L'interpolazione spaziale: il Kriging

Il kriging è un metodo di regressione usato nell'ambito dell'analisi spaziale (geostatistica) che permette di interpolare una grandezza nello spazio, minimizzando l'errore quadratico medio.

Quasi tutti i metodi di predizione, cioè di interpolazione, incluse le forme più semplici di kriging, possono essere viste come una media pesata dei dati (Guastaldi, 2006).

Il kriging assume un modello stocastico (cioè probabilistico) della realtà, in cui tiene in considerazione le variazioni (causali e non) delle variabili (considera la varianza spaziale, la distribuzione e la localizzazione dei dati) e fornisce risultati in termini di probabilità.

Tale modello è contrapposto al modello deterministico in cui le variabili di input assumono valori fissi poiché i fenomeni naturali sono considerati ricollegabili ad una ben determinata causa che li ha generatrice.

Una caratteristica intuitiva dell'ambiente, infatti, è che le sue proprietà sono in relazione fra di loro in una qualche scala, grande o piccola che sia: tale relazione è definita autocorrelazione (Fig. 21).

L'autocorrelazione quindi definisce il grado di dipendenza spaziale tra i valori assunti da una variabile campionata. Il valore incognito in un punto è calcolato con una media pesata dei valori noti: i punti più vicini sono più simili rispetto a punti più lontani. I pesi che vengono dati alle misure note (cioè alla temperatura misurata nelle varie stazioni) dipendono dalla relazione spaziale tra i valori misurati nell'intorno del punto incognito.

Conoscendo il valore di una grandezza in alcuni punti nello spazio (per esempio la temperatura misurata in differenti stazioni di campionamento in un bacino portuale), possiamo determinare il valore della grandezza in altri punti per i quali non esistono misure come ad esempio le aree non indagate dello stesso bacino portuale.

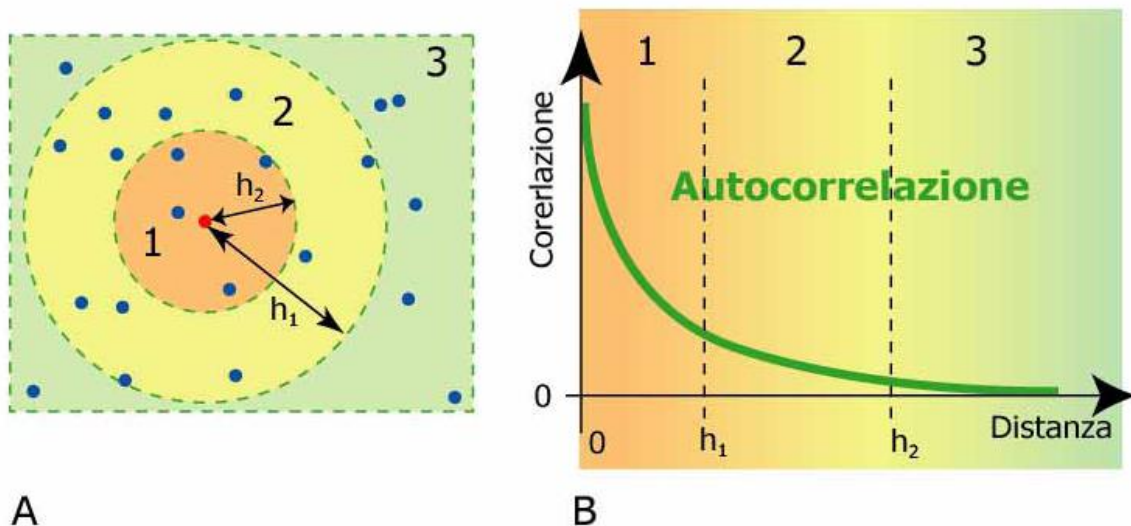


Figura 21: l'interpolazione mediante Kriging si basa sull'autocorrelazione della grandezza, cioè l'assunto che la grandezza in oggetto vari nello spazio con continuità.

Per calcolare i pesi si usa il semi-variogramma, un grafico che mette in relazione la distanza tra due punti e il valore di semi-varianza tra le misure effettuate in questi due punti. Il semi-variogramma espone, sia in maniera qualitativa che quantitativa, il grado di dipendenza spaziale, che altro non è che l'autocorrelazione tra i punti. (Guastaldi, 2006) (Fig. 22)

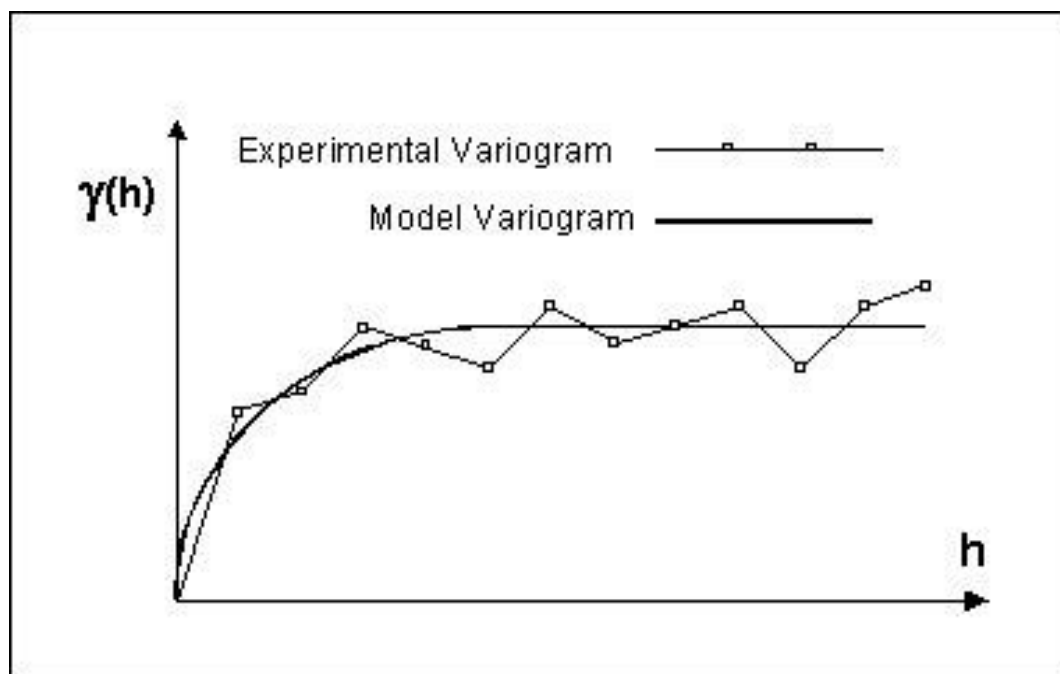


Figura 22: schema di un semi-variogramma sperimentale.

Il Kriging è metodo di interpolazione stocastico è a differenza di un modello deterministico tiene conto della variabilità dei dati di input e permette di controllare l'attendibilità delle correlazioni anche al di fuori dei punti di misura e quantificare

l'errore di stima (o errore medio di predizione) che viene ottenuto dalla media degli errori (= differenze) tra i valori osservati e quelli predetti nei punti di campionamento (Fig. 23).

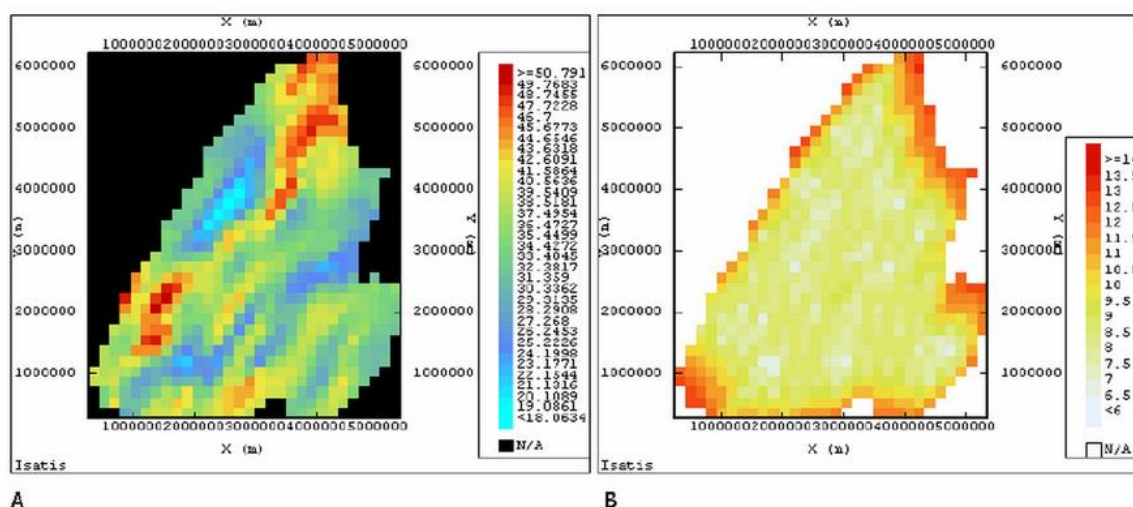


Figura 23: esempio di interpolazione dei dati mediante Kriging: a) mappa di distribuzione e b) mappa degli errori

3.5.5. Portale web

Al fine di gestire e condividere le informazioni è stato sviluppato un portale web. Un portale web, o portale internet, è un sito web che costituisce un punto di partenza, una porta di ingresso, ad un gruppo consistente di risorse di Internet o di una intranet. Il portale Web è stato realizzato mediante Plone, un Content Management System, ovvero un sistema di gestione dei contenuti flessibile e multilingua, che presenta una gestione avanzata degli utenti e permette un uso condiviso e partecipato delle informazioni pubblicate.

Plone infatti consente di assegnare privilegi di accesso differenziato attraverso login e password, la possibilità di visualizzare le pagine del portale, di caricare materiale, scrivere news, pubblicare eventi, scaricare documenti, visualizzare immagini, accedere alla cartografia ed ai dati raccolti in tempo reale.

All'interno del CMS Plone è possibile installare numerosi prodotti aggiuntivi o plug-in sulla base delle esigenze progettuali. Nello specifico, per gestire al meglio l'acquisizione e la restituzione dei dati, sono stati installati i seguenti prodotti:

- **Plomino:** un potente e flessibile costruttore di applicazioni web-based. Grazie a Plomino è possibile creare un avanzato sistema di modulistica on line per la raccolta e lo scambio di informazioni sia per gli addetti ai lavori che ai cittadini (Fig. 24).

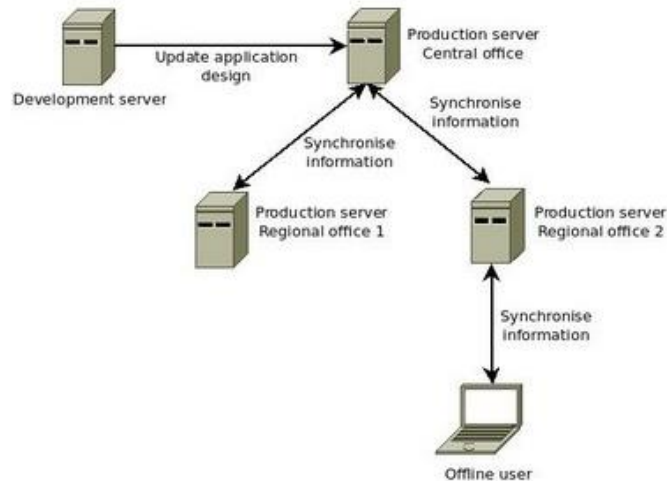


Figura 24: schema della struttura di Plomino

- **HTSQL/HTRAF**: HTSQL è un linguaggio di query per il web; l'output può essere restituito in una varietà di formati, tra cui HTML, CSV, JSON, ecc. HTSQL è un framework backend di supporto dashboard visivo e strumenti di reporting (Fig. 25).

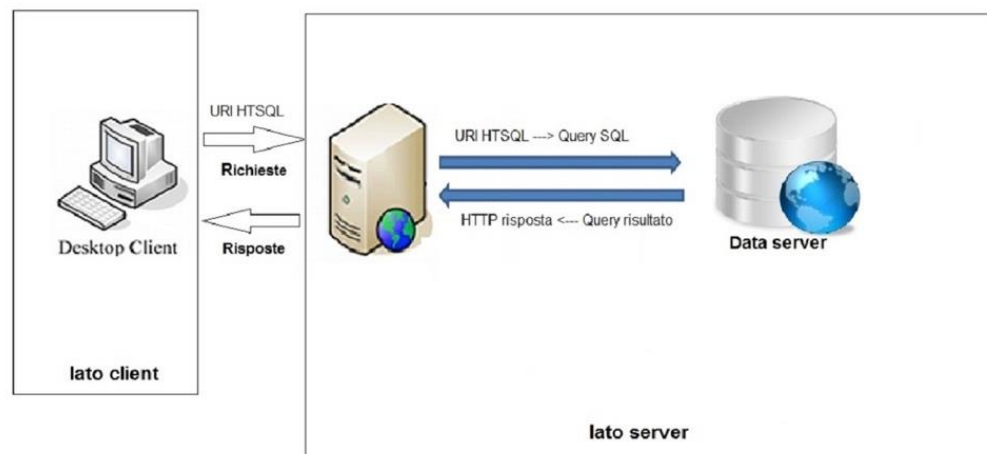


Figura 25: schema struttura HTRAF

HTRAF è un toolkit per l'incorporamento di dati in pagine HTML. Con HTRAF, è possibile associare alcuni elementi HTML con fonti di dati. Quando la pagina viene aperta in un browser, HTRAF preleva i dati dal database e li visualizza sulla pagina. HTRAF si basa sul framework JQuery Javascript e si basa su un servizio HTSQL per recuperare i dati dal database. HTRAF è scritto da Owen McGettrick e Oleksiy Golovko e rilasciato sotto doppia licenza MIT / GPL. Grazie a questo servizio web è possibile restituire le informazioni ed i dati raccolti attraverso un sistema di output avanzato, in

grado di fornire una elaborazione dei dati tramite tabelle e grafici dinamici che vengono aggiornati in real time mano a mano che i dati vengono inseriti.

3.6. SVILUPPO DI WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN) PER IL MONITORAGGIO AMBIENTALE MARINO.

Per studiare i parametri idrodinamici delle acque del mare Ligure, sono state condotte campagne di misura facendo ricorso all'uso di strumenti di tipo lagrangiano, ovvero "boe derivanti" dotate di strumenti di misura, che vengono rilasciate in mare libere di spostarsi in balia delle correnti (i cosiddetti "nodi" precedentemente citati) sviluppate durante il progetto BIMBA e implementate nell'ambito di questo lavoro. Al contrario delle misure tradizionali, che rilevano i singoli parametri fisico-chimici in un determinato punto a istanti precisi, le boe derivanti consentono raccogliere dati e di produrre mappe diffuse e continue nel tempo, permettendo uno studio dei parametri marini più completo e complesso (visualizzazione della traiettoria delle boe lanciate e dei valori di diversi parametri misurati nel corso del loro spostamento). La trasmissione dei dati in tempo reale è stata effettuata tramite lo sviluppo di una Wireless Sensor Network.

Le Wireless Sensor Network nascono storicamente con l'esigenza di monitorare, soprattutto in campo ambientale e militare, zone più o meno estese mediante sensori connessi fra loro o ad un device centrale con ruolo di gateway (Mainwaring et al., 2002). Una WSN, per sua concezione, ha il bisogno di interconnettere da decine a migliaia di sensori ricetrasmittenti e coprire zone difficilmente cablabili sia per alimentare che per connettere tali device. Le sfide nel progettare una rete di questo tipo coinvolgono quindi la gestione delle risorse, dal dispendio energetico, alla comunicazione tra i nodi ed alla scalabilità del sistema (De Stefanis F., 2008).

Nonostante esistano già soluzioni simili sviluppate da altre università o aziende, il sistema realizzato in questo lavoro si distingue per il suo basso costo e l'hardware alternativo utilizzato, basato su Arduino, più semplice, maneggevole ed economico di quello solitamente adoperato.

3.6.1.Implementazione del nodo della WSN (prototipo-progetto BIMBA)

Normalmente un nodo sensore è composto da una base tecnologica che comprende: un apparato per l'interazione con l'ambiente; uno o più sensori; un microcontrollore per il processamento dei dati in arrivo dai trasduttori per la conversione di valori numerici in informazioni semanticamente rilevanti e viceversa; si hanno infine una fonte di alimentazione (batteria, cella fotovoltaica), una memoria interna ed una o più interfacce di rete wireless. Lo sviluppo del prototipo (nodo della rete WSN), assimilabile ai correntometri lagrangiani e capace di un comportamento selettivo, ha previsto uno studio preliminare ad ampio raggio sui materiali candidati per la costruzione della sua struttura portante al fine di garantirne le caratteristiche necessarie e imprescindibili per un corretto funzionamento in un ambiente complesso come quello marino costiero.

L'analisi ha portato ad individuare il materiale di realizzo del primo prototipo della struttura. Si tratta infatti di un materiale plastico (Acrilnitrile-Butadiene-Stirene) resistente, impermeabile all'acqua, e trasparente ai segnali radio.

Queste caratteristiche permettono alla struttura di muoversi senza rompersi, senza fare entrare acqua all'interno con il rischio di danneggiare l'apparecchiatura elettronica, e permettere la comunicazione tra l'interno e l'esterno della struttura mantenendo, al tempo stesso, le caratteristiche fisiche necessarie per il suo corretto posizionamento all'interno della colonna d'acqua.

E' stato realizzato il progetto della struttura prototipo tramite il software Autocad 3D in modo che avesse una forma capace di trasportare l'elettronica e la sensoristica necessaria al funzionamento della strumentazione e allo stesso tempo potesse essere trasportato dalle correnti imitando un rifiuto naturale mantenendo un assetto positivo anche in condizioni di mare grosso. Il prototipo è stato assemblato da una ditta specializzata.

3.6.2.Tecnologia smart per la trasmissione in remoto dei dati

E' stata svolta un'indagine sulle piattaforme elettroniche attualmente disponibili sul mercato per la trasmissione dei dati in remoto.

Questa analisi ha portato all'individuazione dell'hardware a basso costo, Arduino, adatto ai nostri scopi sia per l'efficienza sia per la libertà di gestione del sistema. La scheda elettronica Arduino è dotato di un microcontrollore e circuiteria di

controllo che permette di realizzare in maniera relativamente rapida e semplice piccoli dispositivi come sensori di luce, temperatura e umidità, controllori di luci, di velocità dei motori, etc. Arduino è dotato di un semplice ambiente di sviluppo integrato per la programmazione su tutti i sistemi operativi (Mac, Linux e Windows). Il linguaggio di programmazione è basato su Wiring (un ambiente di programmazione open source pensato per una facile applicazione, per semplificare la programmazione in C e C++) e sull'interfaccia Processing. I progetti basati su Arduino possono essere indipendenti oppure essere interfacciati con altri software come Processing, MaxMSP, Flash e altri. Tutto il software e corredo di Arduino è open source, e gli schemi circuitali sono distribuiti come hardware libero. Esistono inoltre diverse espansioni (shield) da montare sopra la scheda che servono per aggiungere alcune funzionalità. Al fine di tracciare gli spostamenti e ricevere in tempo reale i dati ambientali di base acquisiti dalle strutture rilasciate in mare sono state programmate le seguenti shield:

- Scheda base Arduino Mega 2560 basata su ATmega2560. Dispone di 54 pin di input / output digitali (di cui 15 utilizzabili come uscite PWM), 16 ingressi analogici, 4 UART (porte seriali hardware), un oscillatore a cristalli 16 MHz, una connessione USB, un jack di alimentazione, un'intestazione ICSP, e un pulsante di reset. Contiene tutto il necessario per supportare il microcontrollore;
- GPS/GPRS/GSM Module V3.0. Questa shield con un motore GSM/GPRS Quad-band funziona sulle frequenze EGSM 900MHz/DCS 1800MHz e GSM850 MHz/PCS 1900 MHz, supporta la tecnologia GPS per la navigazione satellitare, permette di inviare messaggi e utilizzare la rete GSM.

Essa include un'antenna SMD ad alto guadagno per GPS e GSM e incorpora un chip SIM908. La combinazione di queste tecnologie, permette di monitorare ininterrottamente e in ogni luogo coperto da segnale, merci, veicoli, persone etc.;

- DATA-LOGGER dotata di SD Card che serve a memorizzare su di un supporto non volatile una serie di dati, come, ad esempio, parametri ambientali, posizioni rilevate da ricevitori GPS ed altro.
- Real Time Clock module, che utilizza il DS1307 per tenere traccia dell'anno, del mese, del giorno corrente e dell'ora corrente. Il modulo è completamente assemblato e include una piccola batteria a bottone al litio CR1225 che

eseguirà l'RTC per un minimo di 9 anni (la vita media è di 17 anni) senza un alimentatore esterno da 5V.

Sono stati inoltre individuati ed interfacciati ad arduino i seguenti sensori per l'acquisizione dei dati ambientali (temperatura, conducibilità, ossigeno, pH) (Fig, 26):

- Sensore temperatura PT100:
 - Incapsulmento totale per garantire la massima resistenza e durata.
 - Impermeabile
 - Cavo in poliuretano
 - Elevata accuratezza del sensore PT100: Class A ($\pm 0.15^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.2\%$) (BS1904 Class A)
 - Tempo di risposta di 10 secondi
 - Range di misura da -200 a 250 $^{\circ}\text{C}$
- Sensori ATLAS Scientific (<https://www.atlas-scientific.com/>) :
 - Conductivity K 10 Kit:
 - Range 0.07 – 500,000+ $\mu\text{S}/\text{cm}$
 - Accuratezza $\pm 2\%$
 - Fino a 1 lettura al secondo
 - Sonda K 10
 - Calibrazione a 1 o 2 punti
 - Compensazione con la temperatura
 - Protocollo dati UART & I²C
 - Indirizzo I²C di default 100 (0x64)
 - Tensione di lavoro 3.3V – 5V
 - Formato dati in ASCII
 - Dissolved Oxygen Kit:
 - Range 0.01 – 35.99 mg/L, 0.1 – 100.0 % saturazione
 - Accuratezza ± 0.05 mg/L
 - Fino a 1 lettura al secondo
 - Calibrazione a 1 o 2 punti
 - Compensazione con la temperatura e la pressione
 - Protocollo dati UART & I²C
 - Indirizzo I²C di default 97 (0x61)
 - Tensione di lavoro 3.3V – 5V

- Formato dati in ASCII
- Industrial pH Kit:
 - Range 0– 14
 - Tempo di risposta di 1 secondo
 - Pressione massima 100 PSI
 - Range di temperatura da 1 a 99 °C
 - Sensore interno di temperatura PT1000
 - Formato dati in ASCII

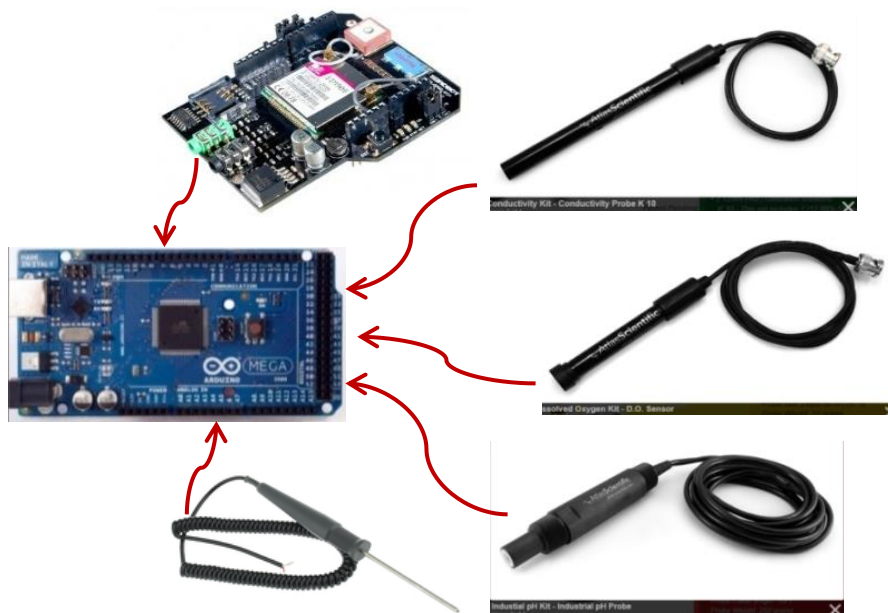


Figura 26: strumentazione elettronica per la trasmissione dati

Questo dispositivo una volta assemblato e programmato potrà essere quindi montato sulle strutture al fine di tracciarne gli spostamenti in tempo reale.

Per la progettazione del circuito elettronico realizzato è stato utilizzato il programma Fritzing che è un software open source per la progettazione elettronica (EDA) focalizzato sul passaggio da semplici prototipi (basati sulla breadboard) al circuito stampato. Esso è stato sviluppato dall'Interaction Design Lab della Fachhochschule Potsdam (Università di scienze applicate di Potsdam).

4. RISULTATI

4.1. IDENTIFICAZIONE AREE PILOTA

Come indicato nel protocollo, le 5 aree di indagine sono state scelte sull'intero territorio regionale (Fig. 27), in base alla rappresentatività delle aree "remote" (Varigotti-SV) (Fig. 28), delle aree portuali /urbanizzate (Vado-SV) (Fig. 29) e delle foci fluviali (Cogoleto-GE (Fig. 30), Lavagna-GE (Fig. 31), Marinella di Sarzana-SP (Fig. 32).

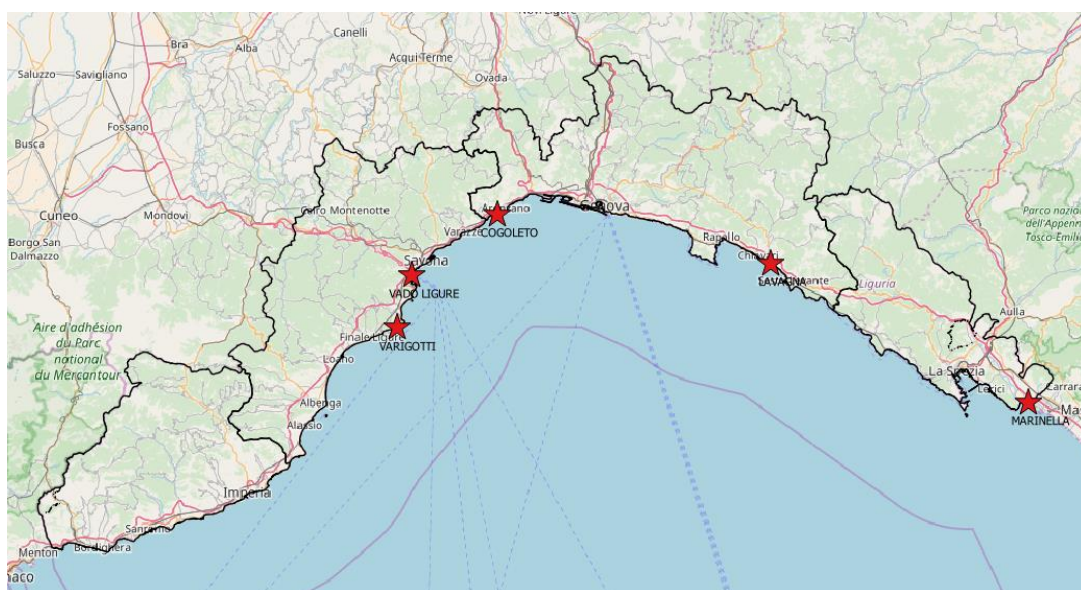


Figura 27: localizzazione delle 5 spiagge oggetto di campionamento

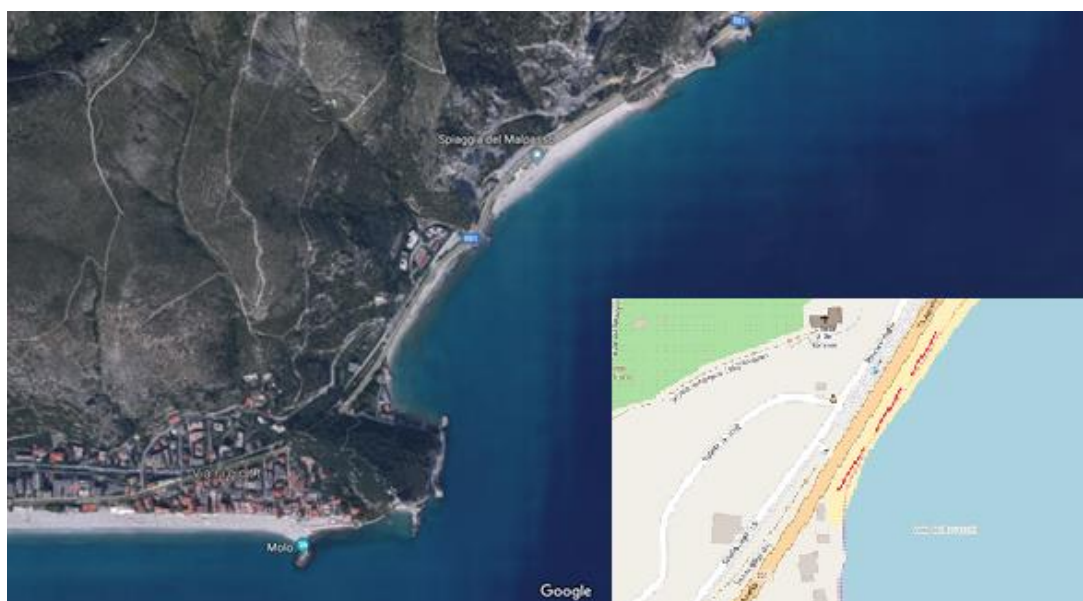


Figura 28: localizzazione transesti campionati spiaggia di Varigotti

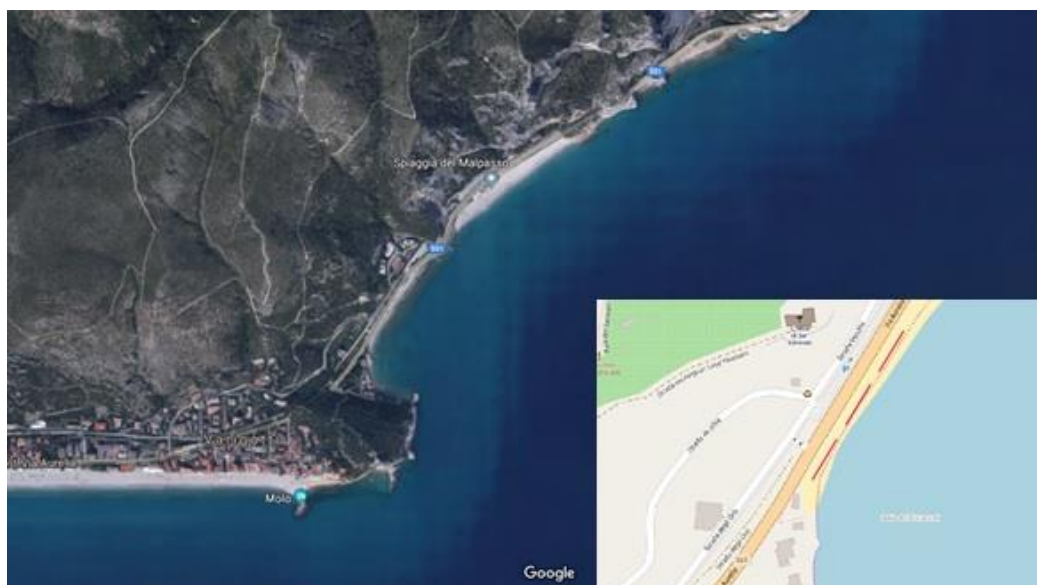


Figura 29: localizzazione transetti campionati spiaggia di Vado

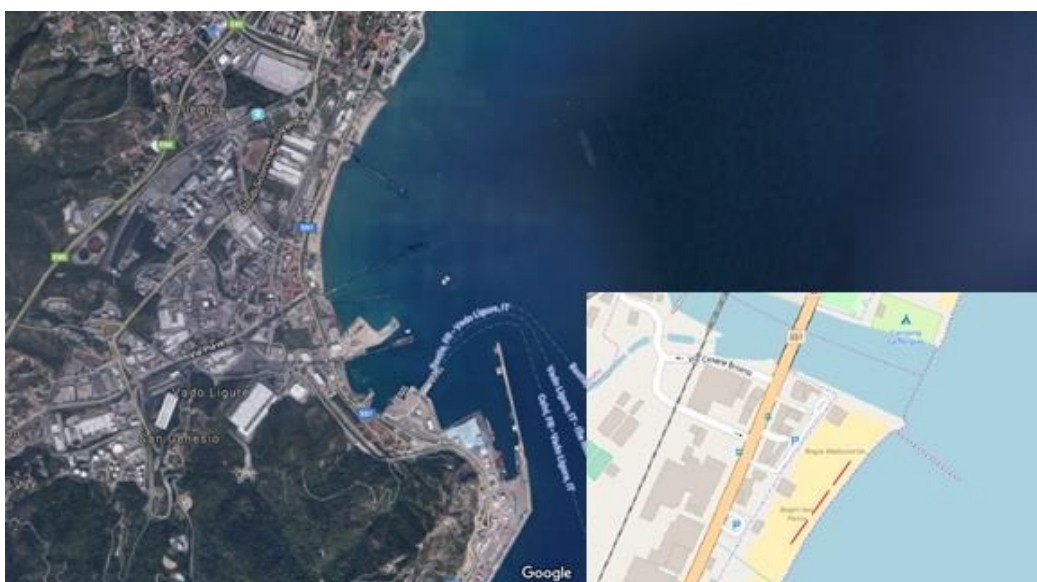


Figura 30: localizzazione transetti campionati spiaggia di Cogoleto

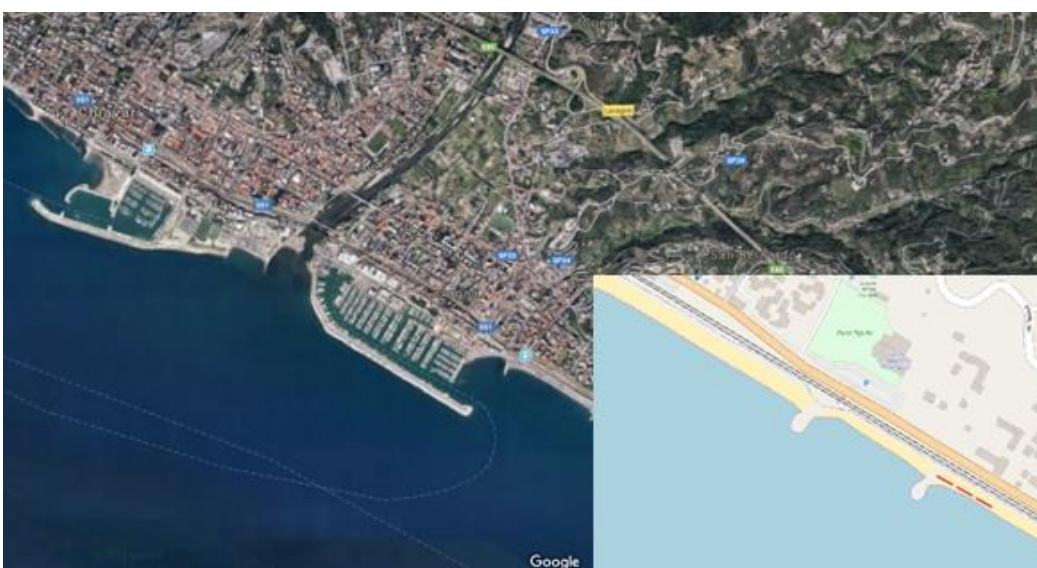


Figura 31: localizzazione transetti campionati spiaggia di Lavagna



Figura 32: localizzazione transetti campionati spiaggia di Marinella

4.2. CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE PILOTA

4.2.1. Siti individuati per il monitoraggio

In tabella 4 sono riportate le anagrafiche dei siti monitorati, in particolare le coordinate geografiche del baricentro della spiaggia, le coordinate di inizio e fine di ogni singolo transetto campionato e i dati di inquadramento secondo le direttive ISPRA.

	Varigotti	Vado	Cogoleto	Lavagna	Marinella
Latitudine	44,1847	44,2797	44,3907	44,3019	44,0492
Longitudine	8,4068	8,4442	8,6614	9,3544	10,0086
Latitudine inizio tratto	44,1842	44,2802	44,3907	44,3021	44,0494
Latitudine fine tratto	8,4064	8,4445	8,6623	9,3537	10,0078
Longitudine inizio tratto	44,1852	44,2792	44,3906	44,3016	44,0490
Longitudine fine tratto	8,4072	8,4438	8,6605	9,3550	10,0094
Provincia	SV	SV	GE	GE	SP
Comune	Finale Ligure	Vado Ligure	Cogoleto	Lavagna	Sarzana
Località	Varigotti	Vado Ligure	Cogoleto	Cavi di Lavagna	Marinella
Area Urbanizzata	NO	SI	SI	SI	NO
Nome Area Urbanizzata	-	Vado ligure	Cogoleto	Lavagna	-
Dist. Area Urbanizzata [Km]	-	0	1	0,5	-
Foci Scarichi	NO	SI	SI	SI	SI
Nome Foci Scarichi	-	Quiliano	Lerone	Entella	Magra
Dist. Foci Scarichi [Km]	-	0,05	0,20	2,50	2,50
Porti	NO	SI	NO	NO	NO
Nome Porti	-	Vado ligure	-	-	-
Dist. Porti [Km]	-	1	-	-	-
Industrie Discariche	NO	NO	NO	NO	NO
Stabilimenti	NO	SI	SI	SI	SI

Uso Balneare	SI	SI	SI	SI	SI
Accesso Remota	SI	NO	NO	NO	NO
Accesso Pedonale	SI	SI	SI	SI	SI
Accesso Barche	SI	SI	SI	SI	SI
Pendenza [%]	7,2	3,0	6,3	7,1	5,3

Tabella 4: Anagrafica spiagge monitorate

In tabella 5 sono riportati i dati morfologici rilevati durante i singoli campionamenti.

		Varigotti	Vado	Cogoleto	Lavagna	Marinella
Ampiezza spiaggia autunno 2015 [m]		11	37	25	16	40
Ampiezza spiaggia primavera 2016 [m]		8	25	8	24	32
Ampiezza spiaggia autunno 2016 [m]		5	33	20	18	34
Ampiezza spiaggia primavera 2017 [m]		5	33	8	10	42
Substrato [%] autunno 2015	Sabbia	70	35	5	10	95
	Ciottoli	30	65	95	90	5
Substrato [%] primavera 2016	Sabbia	70	35	5	10	95
	Ciottoli	30	65	95	90	5
Substrato [%] autunno 2016	Sabbia	70	35	5	10	95
	Ciottoli	30	65	95	90	5
Substrato [%] primavera 2017	Sabbia	70	35	70	10	85
	Ciottoli	30	65	30	90	15
Data campionamento autunno 2015		10/12/15	22/12/15	16/11/15	04/12/15	26/10/15
Data campionamento primavera 2016		18/03/16	01/04/16	01/03/16	06/04/16	07/04/16
Data campionamento autunno 2016		15/11/16	15/11/16	27/10/16	09/12/16	02/12/16
Data campionamento primavera 2017		29/03/17	16/03/17	14/02/17	17/03/17	03/04/17

Tabella 5: Dati anagrafica campionamenti

Come si può notare dalla tabella 5 l'ampiezza della spiaggia e la tipologia del substrato variano in funzione delle condizioni meteo-marine e delle azioni antropiche (ripascimenti, pulizie ecc.) che intercorrono tra un campionamento e l'altro.

4.2.2. Bacini idrografici di interesse per i siti monitorati

Bacino del Torrente Quiliano: Il bacino idrografico del Torrente Quiliano è situato principalmente nel territorio amministrativo del Comune di Quiliano ed in minima parte nei Comuni di Vado Ligure, Vezzi Portio ed Altare. Il bacino ha una superficie di circa 52 Km² ed è di forma all'incirca circolare; il torrente sfocia al confine tra la periferia occidentale della città di Savona e quella orientale di Vado Ligure.

Il bacino del T. Quiliano confina con quello del T. Letimbro a Nord (Rio Lavanestro), del Rio Molinero a Nord Est, del Fiume Bormida di Mallare ad Ovest, e con i bacini dei Torrenti Pora (Aquila), Sciusa, e Segno a SE.

Il torrente Trexenda nasce sul Monte Poggio, alla confluenza con il Rio Valle prende il nome di Quiliano, vi confluisce in sponda sinistra il T. Quazzola e prosegue verso la foce, attraverso il centro urbano di Quiliano con un andamento praticamente rettilineo. Il corso dei suoi affluenti che caratterizzano la forma del bacino si presenta piuttosto irregolare, con parecchie variazioni direzionali influenzato pesantemente dalla tettonica antica e recente. Il totale dell'asta fluviale è di circa 3 km se si considera solo la parte denominata Quiliano in cartografia.

I terreni che caratterizzano questo bacino ricadono nel Dominio Brianzone Interni. Il sottobacino del Quazzola è interamente impostato in terreni di età precarbonifera ascrivibili all'Unità di Calizzano-Savona, mentre il sottobacino del Trexenda è impostato per la maggior parte sul Dominio Brianzone Interni. La parte bassa del bacino è caratterizzata dalla prevalenza di depositi alluvionali (Provincia di Savona, 2003).

Le portate medie mensili sono state calcolate sottraendo dalla portata naturale (ovvero derivata dal deflusso mensile) il valore, ripartito per mese, di prelievi - scarichi.

Il torrente Quiliano ha una portata media annuale di 1,171 mc/sec con forti oscillazioni tra le varie stagioni passando da una portata media di 1,816 mc/sec nei mesi invernali (antecedenti il periodo di campionamento primaverile) a una portata media di 0,152 mc/sec nei mesi estivi (antecedenti il periodo di campionamento autunnale) (Fig. 33). Spesso in estate il torrente, a regime temporaneo, va in secca per 2-3 mesi.

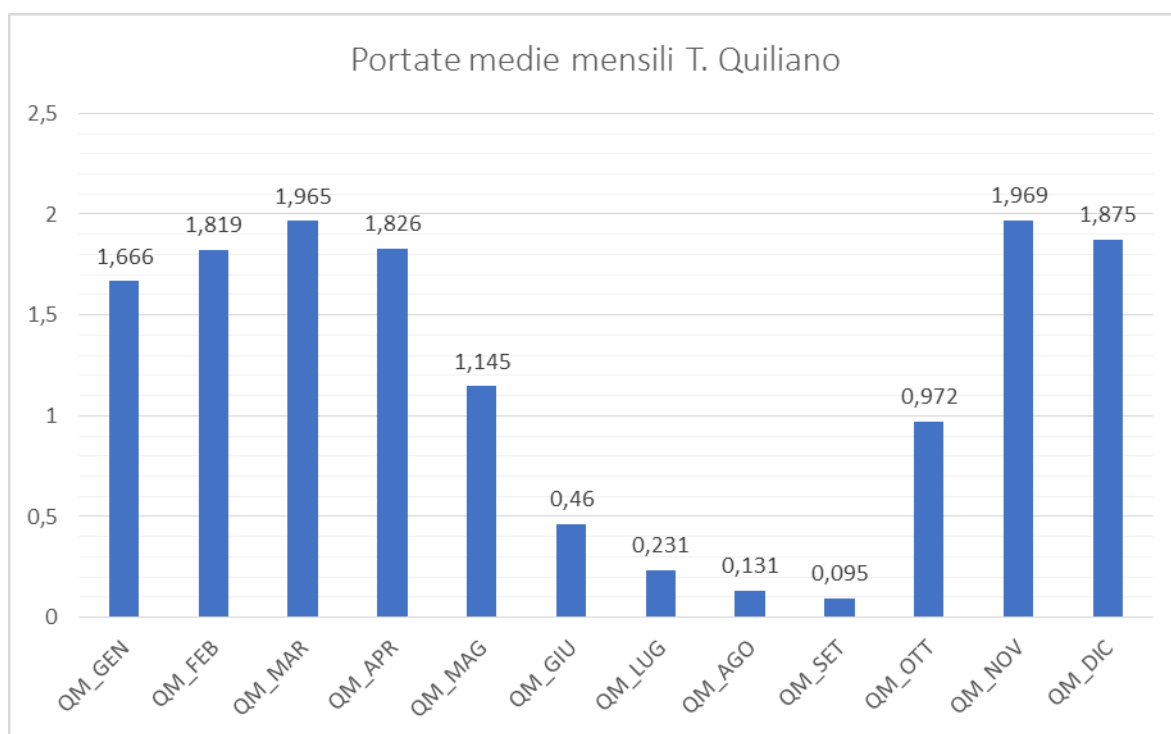


Figura 33: Dati di portata del bacino del Torrente Quiliano

Bacino del Torrente Lerone: La valle del Torrente Lerone, ubicata sul versante tirrenico delle Alpi Liguri, costituisce l'immediato entroterra dei centri urbani di Arenzano e Cogoletto. La superficie complessiva occupata dal bacino è di circa 21 Km² e la lunghezza complessiva dell'asta risulta pari a 5,6 km, con un tracciato che si sviluppa da Nord a Sud.

Il bacino confina a Nord-Est con il rio Malanotte ed il rio della Gava (affluenti di destra del torrente Cerusa), ad Est con alcuni rivi minori che appartengono al bacino scolante di Arenzano, a Ovest con il torrente Rumaro e - nella parte più alta - con il torrente Arrestra, a Nord con gli affluenti dell'Orba.

La definizione dello spartiacque risulta critica solo nella zona compresa fra Loc. Moggio, Colle Scorsi e Sciarborasca, condizionata, oltre che dalla particolare conformazione morfologica, dalla presenza, in corrispondenza di tale limite di numerosi manufatti, sia abitativi che stradali, che hanno in parte alterato il percorso naturale di numerose linee di drenaggio secondarie. Il torrente Lerone ha le sue sorgenti sul Monte Reixa a quota 1183 m, ma la sua origine, con la denominazione di Rio Lerone, è situata a quota 1050m s.l.m. sotto il passo della Gava. Si tratta della zona dove lo spartiacque tra il bacino del mar Ligure e la valle Padana si spinge più vicino al mare. Il torrente scende verso sud con pendenza piuttosto accentuata. Poco prima della foce riceve da destra il suo principale

affluente, il rio Lerca, e percorre l'incisione profondamente erosa dove sorge l'ex stabilimento industriale Stoppani, in via di smantellamento ma che ancora desta preoccupazioni su possibili inquinamenti. Poco prima della foce viene scavalcato in rapida successione dall'autostrada dei Fiori, dalla Ferrovia Genova-Ventimiglia e dalla Via Aurelia, gettandosi infine nel Mar Ligure tra Cogoleto e Arenzano.

L'area sulla quale si estende il bacino idrografico del Torrente Lerone, dal punto di vista geologico ricade, per la quasi totalità, nel territorio di pertinenza del Gruppo di Voltri e la pendenza media dell'asta del torrente risente in maniera significativa della forte acclività dei versanti (Provincia di Genova, 2009).

Le portate medie mensili sono state calcolate sottraendo dalla portata naturale (ovvero derivata dal deflusso mensile) il valore, ripartito per mese, di prelievi - scarichi. Il torrente Lerone ha una portata media annuale di 0,073 mc/sec variando tra un massimo di 0,170 mc/sec di media nei mesi invernali (antecedenti il periodo di campionamento primaverile) ad un minimo di 0,007 mc/sec di media nei mesi estivi (antecedenti il periodo di campionamento autunnale) (Fig. 34). Spesso in estate il torrente va in secca per un paio di mesi.

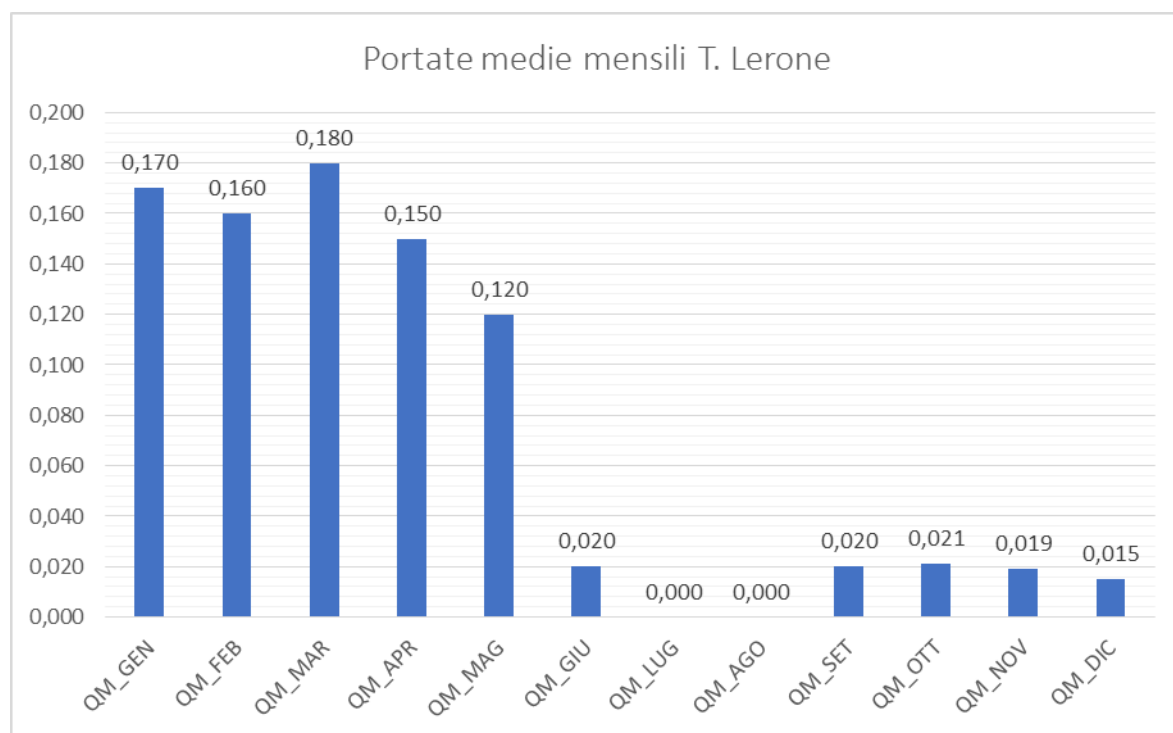


Figura 34: Dati di portata del bacino del Torrente Lerone

Bacino del Fiume Entella: Il bacino idrografico del Fiume Entella e del Torrente Sturla è ubicato sul versante tirrenico dell'Appennino Ligure.

L'area del bacino, pari a circa 376 kmq , ricade interamente in Provincia di Genova e precisamente all'interno dei limiti amministrativi dei comuni di Lavagna, Leivi, Chiavari, Borzonasca, Mezzanego, San Colombano Certenoli, Carasco e Cogorno.

Il Torrente Sturla nasce da un gruppo di sorgenti site in prossimità del Monte degli Abeti ad una quota di circa 1500 m s.l.m.; esso ha la sua naturale prosecuzione verso Sud nel Fiume Entella, in cui confluiscono anche il Torrente Lavagna (da destra) ed il Torrente Graveglia (da sinistra).

L'Entella, lungo il suo primo tratto (fino alla confluenza del Torrente Graveglia), assume direzione all'incirca Est-Ovest, in corrispondenza di un grande meandro, per poi passare ad una direzione NE-SW che mantiene sino alla foce, compresa fra gli abitati di Chiavari e Lavagna.

Le valli del Torrente Sturla e del Fiume Entella sono caratterizzate geologicamente dall'appartenenza a due domini detti rispettivamente Ligure Interno e Ligure Esterno (Liguridi); essi sono separati da un contatto tettonico lungo il quale il primo si accavalla parzialmente al secondo. Il dominio Ligure Esterno è scomponibile in due zone paleogeografiche di cui la più interna, costituita da una fascia direttamente a contatto con le Liguridi Interne, è costituita da formazioni sedimentarie con inclusi elementi ofiolitici disarticolati dall'originario fondo oceanico, talora debolmente metamorfosate, di età Cretacico-Paleocene (Provincia di Genova, 2009).

Oltre a questo substrato, esistono anche estese e talora potenti coperture detritiche di carattere alluvionale, eluviale, colluviale, di accumulo di frana antica o paleofrana (Provincia di Genova, 2009).

Le portate medie mensili sono state calcolate sottraendo dalla portata naturale (ovvero derivata dal deflusso mensile) il valore, ripartito per mese, di prelievi - scarichi.

Il fiume Entella ha una portata media annuale di 14,529 mc/sec variando tra un massimo di 19,094 mc/sec di media nei mesi invernali (antecedenti il periodo di campionamento primaverile) ad un minimo di 7,646 mc/sec di media nei mesi estivi (antecedenti il periodo di campionamento autunnale) (Fig. 35).

Pur estremamente breve, con poco meno di 15 m³/s di modulo medio annuo è il principale corso d'acqua della città metropolitana di Genova per volume d'acqua direttamente sfociante nel mare.

Proprio per questa sua copiosità di acque dalla sua falda più profonda si approvvigionano gli acquedotti delle cittadine limitrofe. È soggetto però, come gran parte dei corsi d'acqua appenninici a piene rovinose in autunno (anche di 2.800 mc/s), che in alcuni casi hanno anche causato pesanti allagamenti agli abitati di Chiavari e Lavagna.

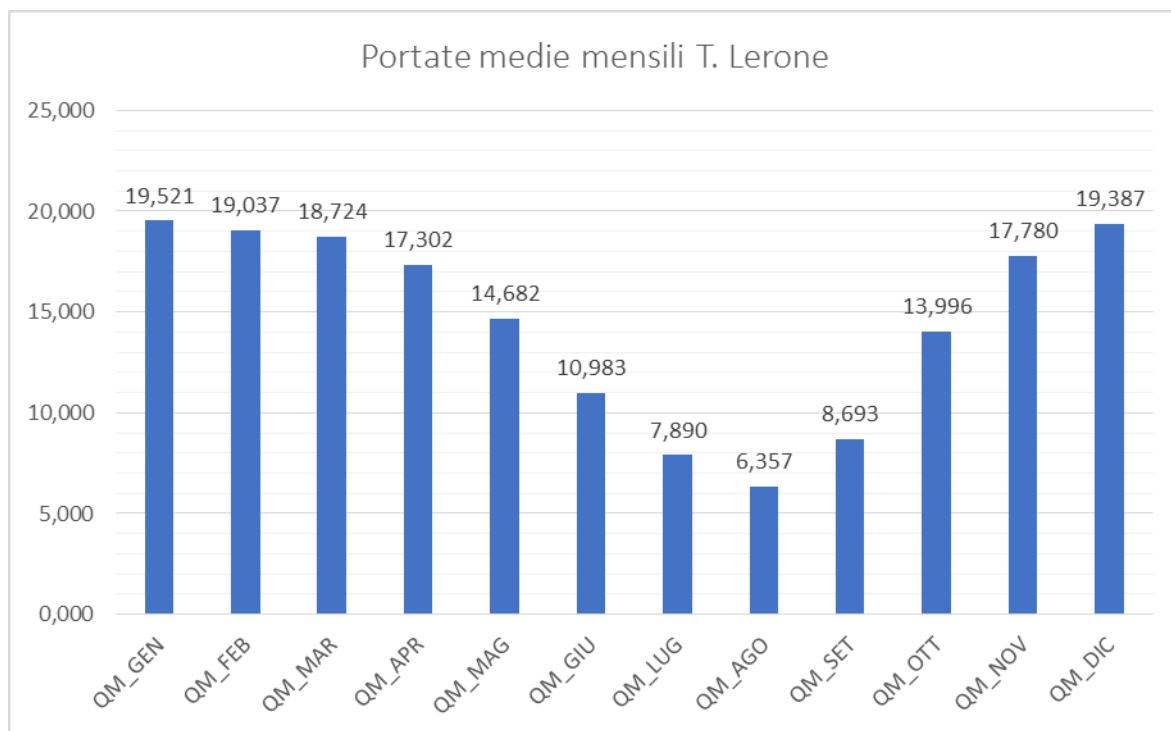


Figura 35: Dati di portata del bacino del Fiume Entella

Bacino del Fiume Magra: Il bacino del F. Magra ha una superficie di 1.698,5 Km² ed un perimetro di 238,2 Km a cavallo tra Toscana e Liguria. La parte di bacino compresa nel territorio ligure ha un'estensione di circa 700 km² e ricade prevalentemente nella provincia della Spezia e in piccola parte nella provincia di Genova.

Il bacino del Magra confina con il bacino del Po a settentrione, con i bacini liguri del Graveglia - Entella e del Gromolo - Petronio verso Ovest, con i bacini dello spezzino costiero verso Sud-Ovest, con il Mar Tirreno a meridione e con le Alpi Apuane, con i bacini dei T. Carrione e Frigido, seguite dall'Appennino Tosco Emiliano e dallo spartiacque col Fiume Serchio verso Est. Il fiume nasce in Toscana a quota 1.200 m s.l.m., tra il Monte Borgognone (1.401 m s.l.m.) e il Monte Tavola (1.504 m s.l.m.), creando con il suo corso la Val di Magra. Giunto in territorio ligure confluisce con il Vara riversandosi poi nel Mar Ligure con un ampio estuario situato tra Bocca di Magra e

Fiumaretta, frazioni del comune di Ameglia.

Nel tratto che va da Pontremoli ad Aulla mantiene una direzione longitudinale rispetto alla catena dell'Appennino, NO-SE, per poi cambiare direzione ad Aulla, volgendo a SO, e sfociare successivamente all'altezza della località di Santo Stefano nell'ampia pianura alluvionale.

Il territorio di questo grande bacino è suddivisibile in tre ambiti geografici: la Val di Vara e la bassa Val di Magra in territorio ligure e l'alta Val di Magra (Lunigiana) in territorio toscano. La lunghezza dell'asta principale del Magra, dalle sorgenti alla confluenza, misura 53,8 km, quella del Vara dalle sorgenti al medesimo punto 65,15 km, mentre il tratto terminale misura 15,7 km; peraltro la superficie drenata dal sub-bacino del Magra è sensibilmente maggiore di quella drenata dal Vara (da un migliaio a circa 600 Km²). Il bacino del Magra è impostato su terreni con litologie molto differenti appartenenti alle Unità liguri, Subliguri e Toscane (Autorità di bacino interregionale del fiume Magra, 2006).

Sul suo percorso confluiscono numerosi affluenti, che traggono origine dallo spartiacque dell'Appennino tosco-emiliano, da quello Tosco-Ligure e dalle Alpi Apuane, pertanto sia dalle vallate della Lunigiana, che del Vara. Il primo di questi affluenti, il torrente Magriola, si immette nella Magra poco prima di Pontremoli. Il tratto montano del fiume, con carattere torrentizio, termina all'altezza della località di Pontremoli e da qui inizia la parte mediana, che finisce alla confluenza del Vara. In questo tratto riceve la maggior parte degli affluenti sia di destra che di sinistra, tra i quali spicca per portata il Bagnone (torrente).

Gli affluenti di destra sono caratterizzati, ad esclusione del Vara, da una portata modesta a causa della scarsità di sorgenti perenni, ed in genere hanno dei corsi brevi e vicini tra di loro, mentre gli affluenti di sinistra sono quelli che danno il contributo maggiore alla portata del fiume in quanto alimentati da buone sorgenti anche in alta quota. I torrenti più lunghi sono il Taverone e l'Aulella che plasmano le due rispettive valli, in direzione di Licciana Nardie del passo del Lagastrello e di Fivizzano e del passo del Cerreto, ma il più copioso d'acqua è il Bagnone (torrente), omonimo del comune al quale dà il nome.

Al seguito del ricevimento dell'acqua dagli affluenti la portata media annua sale a circa 40 mc/s (presso la foce), con una media mensile massima in novembre di quasi 90 m³/s ed una media mensile minima in agosto di circa 7 m³/s. I valori massimi sono raggiunti in autunno ed in primavera (Fig. 36). Proprio per la sua

collocazione geografica, il bacino della Magra è soggetto a forte piovosità sicché si possono verificare ogni anno piene particolarmente imponenti; dai dati del Servizio Idrografico Nazionale del Ministero dei Lavori Pubblici si può stabilire che generalmente il regime dei flussi ricalchi quello degli afflussi meteorici, con piene elevate e magre accentuate.

La portata minima assoluta mai toccata è di 5 mc/s, mentre quella massima assoluta, raggiunta durante la disastrosa alluvione del 25 ottobre 2011, ha superato di gran lunga l'eccezionale valore di 5.000 mc/s.

Tali piene portano spesso ad esondazioni, generalmente nel tratto finale del fiume che risente, tra l'altro, dell'andamento del moto ondoso e delle maree del Mar Ligure, che possono contrastare il deflusso delle acque. Tra il 2009 ed il 2011 si sono verificate ben quattro esondazioni che hanno distrutto due volte il ponte della Colombiera, allagato case e strutture produttive: due nel 2009, nel 2010 e la più grave, che ha causato danni non solo alla foce ma anche già a partire dal tratto medio-alto nella zona di Aulla nel 2011.

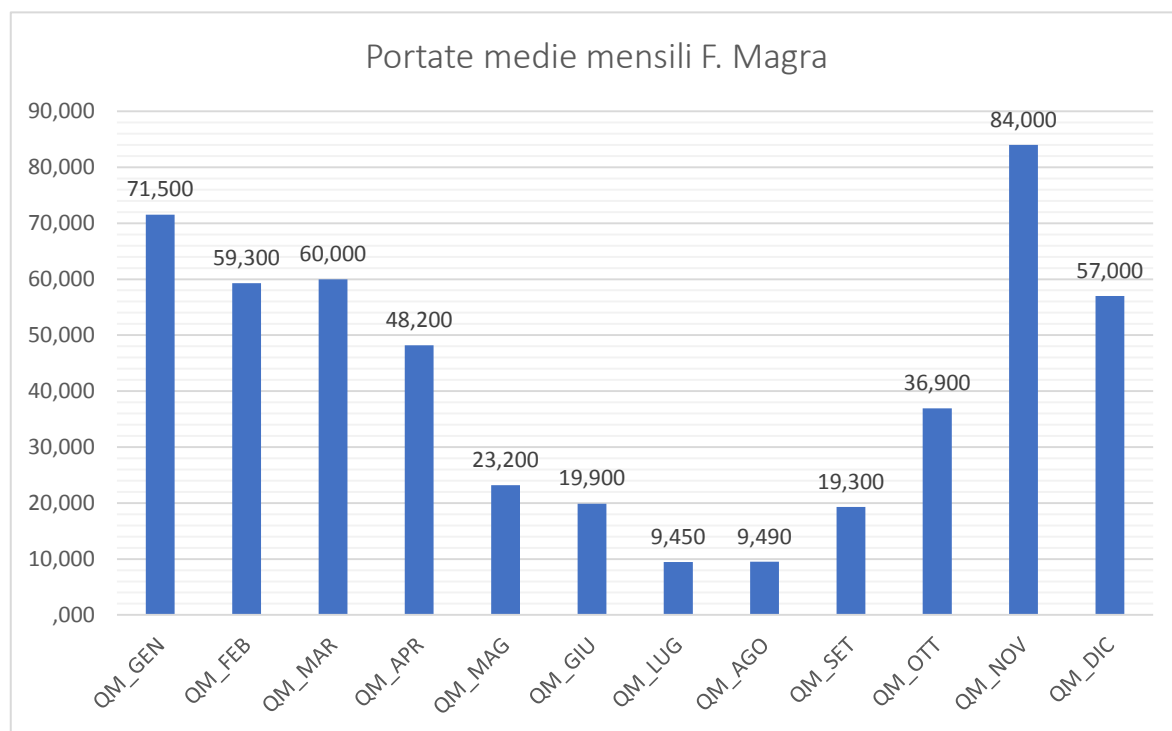


Figura 36: Dati di portata del bacino del Fiume Magra

4.3. MONITORAGGIO DEI RIFIUTI MEDIANTE IL SISTEMA DI MONITORAGGIO CLASSICO

Nella prima fase di questo lavoro, al fine di poter sviluppare una metodologia innovativa è stato necessario effettuare le attività di campionamento dei rifiuti marini mediante la metodologia classica

4.3.1. Acquisizione dati

Per l'esecuzione delle attività di monitoraggio sono state seguite le schede metodologiche del modulo 4 contenute nei programmi di Monitoraggio per la Strategia Marina Art. 11, D.lgs. 190/2010.

Le attività di monitoraggio sono state svolte sulle cinque aree pilota individuate con una frequenza biennale stagionale (2 campagne l'anno, una primaverile e una autunnale) a partire dall'autunno del 2015 alla primavera del 2016. E' stato effettuato un censimento dettagliato dei rifiuti tramite il conteggio e l'attribuzione alle 59 categorie previste dal protocollo di indagine (All. 1) sui tre transetti identificati per ogni sito. Le attività hanno coinvolto tre operatori ARPAL per ogni sito. In allegato 4 si riportano i risultati ottenuti per ogni campionamento suddivisi per categoria di rifiuto e per sito di monitoraggio.

4.3.2. Informatizzazione dei dati

I dati raccolti sul campo sono stati successivamente trascritti in file excel standard forniti da ISPRA e costituiti da quattro fogli (Stazione, Spiaggia, Campionamento spiaggia, rifiuti campionati).

Di seguito si riporta una breve descrizione dei campi da compilare per ogni singolo foglio.

- Foglio Stazione: in questo foglio sono richiesti i dati geografici e la denominazione della stazione di campionamento (Tab. 6). Nella tabella seguente viene riportata la denominazione dei campi con una breve spiegazione sul loro significato.

Campo	Descrizione
CountryCode	Codice dello stato membro, inserire il valore 'IT' per Italia
NationalStationID	Codice della stazione
NationalStationName	Denominazione della stazione
Region	Regione italiana cui afferisce la stazione
Latitude	Latitudine nel sistema di riferimento WGS84 gradi decimali del centroide

Longitude	Longitudine nel sistema di riferimento WGS84 gradi decimali del centroide
Remarks	Note

Tabella 6: struttura foglio stazione

- foglio Spiaggia: in questo foglio sono richieste le caratteristiche geografiche e geomorfologiche della spiaggia (Tab. 7). Nella tabella seguente viene riportata la denominazione dei campi con una breve spiegazione sul loro significato.

Campo	Descrizione	Liste di valori
NationalStationID	Codice della stazione	
CodiceSpiaggia	Codice del tratto di spiaggia indagato	
NomeSpiaggia	Denominazione della spiaggia	
LatitudeInizio	Latitudine di inizio del tratto di spiaggia indagato nel sistema di riferimento WGS84 gradi decimali	
LongitudeInizio	Longitudine di inizio del tratto di spiaggia indagato nel sistema di riferimento WGS84 gradi decimali	
LatitudeFine	Latitudine di fine del tratto di spiaggia indagato nel sistema di riferimento WGS84 gradi decimali	
LongitudeFine	Longitudine di fine del tratto di spiaggia indagato nel sistema di riferimento WGS84 gradi decimali	
Provincia	Provincia	
Comune	Comune	
Localita	Localita	
Ampiezza	Ampiezza media della spiaggia (m)	
AreaUrbanizzata	Spiaggia limitrofa ad aree urbanizzate (Si/No), inserire uno dei valori della lista	Y = Si N = No
NomeAreaUrbanizzata	Inserire il nome della/e città, paese	
DistAreaUrbanizzata	Distanza tra l'area di campionamento e le aree urbane in Km	
FociScarichi	Spiaggia limitrofa a foci fluviali o scarichi di acque (Si/No), inserire uno dei valori della lista	Y = Si N = No
NomeFociScarichi	Inserire il nome dei fiumi/scarichi	
DistFociScarichi	Distanza tra l'area di campionamento e foci fluviali o scarichi di acque in Km	
Porti	Spiaggia limitrofa a porti (Si/No), inserire uno dei valori della lista	Y = Si N = No
NomePorti	Inserire il nome dei porti più vicini	
DistPorti	Distanza tra l'area di campionamento e i porti in Km	
IndustrieDiscariche	Spiaggia limitrofa a siti industriali/discariche (Si/No), inserire uno dei valori della lista	Y = Si N = No
NomeIndustrieDiscariche	Inserire il nome dei siti più vicini	

DistIndustrieDiscariche	Distanza tra l'area di campionamento e i siti industriali/discariche in Km	
Stabilimenti	Spiaggia limitrofa a stabilimenti/porti (Si/No), inserire uno dei valori della lista	Y = Si N = No
UsoBalneare	Spiaggia ad uso balneare (Si/No)	Y = Si N = No
AccessoRemota	Spiaggia remota (Si/No), inserire uno dei valori della lista	Y = Si N = No
AccessoPedonale	Spiaggia accessibile a pedoni (Si/No), inserire uno dei valori della lista	Y = Si N = No
AccessoBarche	Spiaggia accessibile a barche (Si/No), inserire uno dei valori della lista	Y = Si N = No
Sabbia	Percentuale di ricoprimento della spiaggia con sabbia	
Ciotoli	Percentuale di ricoprimento della spiaggia con ciotoli	
CostaRocciosa	Percentuale di ricoprimento della spiaggia con costa rocciosa	
Pendenza	Pendenza della spiaggia in percentuale	
RifiutoRaccolto	Rifiuto raccolto durante il rilevamento (Si/No), inserire uno dei valori della lista	Y = Si N = No
DataUltimaPulitura	Data ultima pulitura della spiaggia nel formato GG/MM/AAAA	
Remarks	Note	

Tabella 7: struttura foglio spiaggia

- foglio Campionamenti per spiaggia: in questo foglio vengono richiesti le coordinate geografiche che individuano il tratto campionato (Tab. 8). Nella tabella seguente viene riportata la denominazione dei campi con una breve spiegazione sul loro significato.

Campo	Descrizione
NationalStationID	Codice della stazione
CodiceSpiaggia	Codice del tratto di spiaggia indagato
SampleID	Codice della unità di campionamento
LatitudeInizio	Latitudine di inizio dell'unità di campionamento nel sistema di riferimento WGS84 gradi decimali
LongitudeInizio	Longitudine di inizio dell'unità di campionamento nel sistema di riferimento WGS84 gradi decimali
LatitudeFine	Latitudine di fine dell'unità di campionamento nel sistema di riferimento WGS84 gradi decimali
LongitudeFine	Longitudine di fine dell'unità di campionamento nel sistema di riferimento WGS84 gradi decimali
Lunghezza	Lunghezza effettiva tratto campionato (m)
Remarks	Note

Tabella 8: struttura foglio transetti campionamenti

- foglio Rifiuti campionati: in questo foglio vengono richiesti i dati relativi ai rifiuti censiti (Tab. 9). Nella tabella seguente viene riportata la denominazione dei campi con una breve spiegazione sul loro significato.

Campo	Descrizione	Liste di valori
NationalStationID	Codice della stazione	
CodiceSpiaggia	Codice del tratto di spiaggia indagato	
SampleID	Codice della unità di campionamento	
Year	Anno di campionamento nel formato AAAA	
Month	Mese di campionamento nel formato 1-12	
Day	Giorno di campionamento nel formato 1-31	
Time	Ora-minuti-secondi del campionamento nel formato	
IDCategoriaRifiuto	Codice identificativo della categoria del rifiuto (all. 1.2)	
NumeroItems	Numero di items presenti nella categoria	
Note	indicare note relative a specifici oggetti osservati	
Sorgente	indicare quando possibile se l'oggetto/i è spiaggiato, deposto da terra o di origine indeterminata, inserire uno dei valori della lista	Spiaggiato; deposto da terra; origine indeterminata
IDFoto	Denominazione del file associato alla foto, ad es. '12202005.jpg'	

Tabella 9: struttura foglio rifiuti campionati

4.4. ELABORAZIONE DEI RISULTATI DEI MONITORAGGI TRAMITE METODI CLASSICI DI ANALISI STATISTICA

I dati acquisiti tramite la metodologia classica sopra descritta sono stati elaborati tramite analisi statistiche univariate e multivariate. I risultati di queste elaborazioni sono servite per individuare le analisi statistiche necessarie alla comprensione della problematica dei rifiuti marini in merito a composizione, origine e densità. Le analisi così individuate sono state pertanto successivamente implementate nel nuovo sistema innovativo. I risultati di queste analisi vengono riportate nei paragrafi successivi.

4.4.1. Caratterizzazione dei rifiuti

Dai risultati delle attività di monitoraggio sopra descritte, è stato registrato un totale di 16.781 rifiuti marini.

Gli oggetti avevano dimensioni variabili da grandi parti di elettrodomestici come ad es. porte di frigo o parti di auto a piccoli frammenti di plastica e polistirolo non riconoscibili.

Da un'analisi complessiva dei dati raccolti durante le attività di monitoraggio in ciascun sito si nota che a Marinella di Sarzana il quantitativo di rifiuti rinvenuti risulta molto superiore rispetto a quanto trovato nei restanti siti (Fig.37); Varigotti e Lavagna risultano i due siti con il minor numero di rifiuti rinvenuti; Vado e Varigotti si attestano su un numero di rifiuti intermedio tra i due estremi citati.

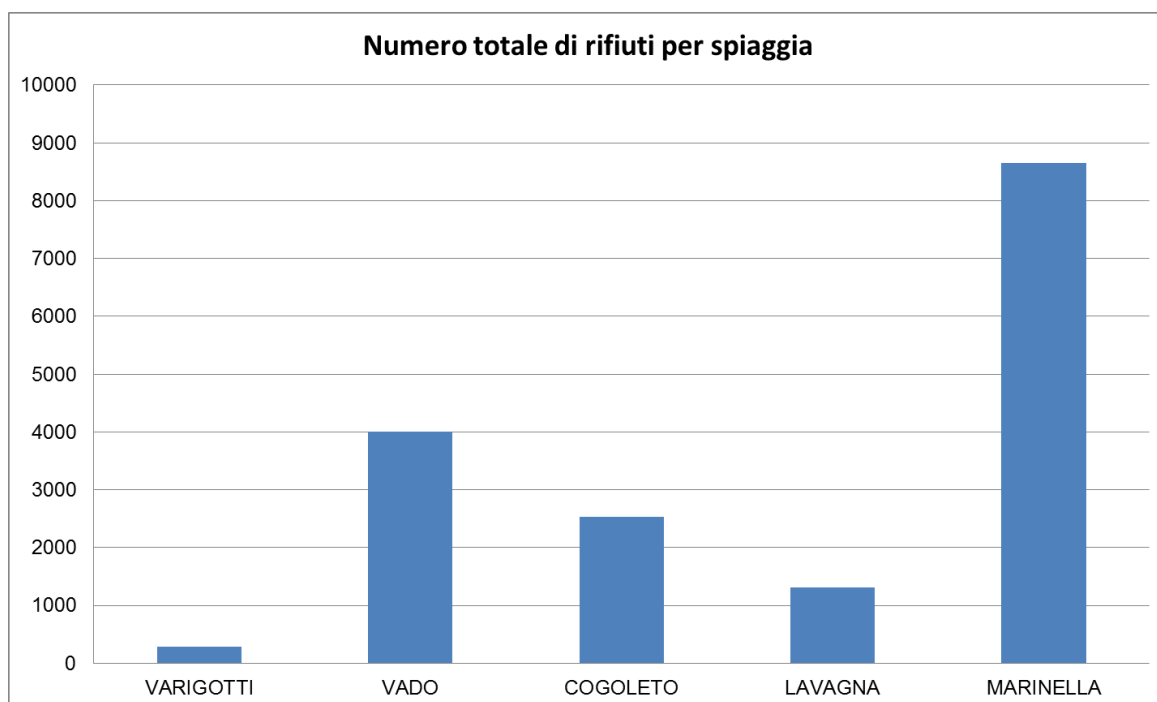


Figura 37: numero di oggetti ritrovati in ogni spiaggia.

Andando invece ad analizzare complessivamente le diverse tipologie di rifiuto raccolte durante le attività di monitoraggio risulta che la macrocategoria dominante è la plastica (69%) seguita da Carta e cartone (19%), Gomma (4%) e Metallo (3%) (Fig.38).

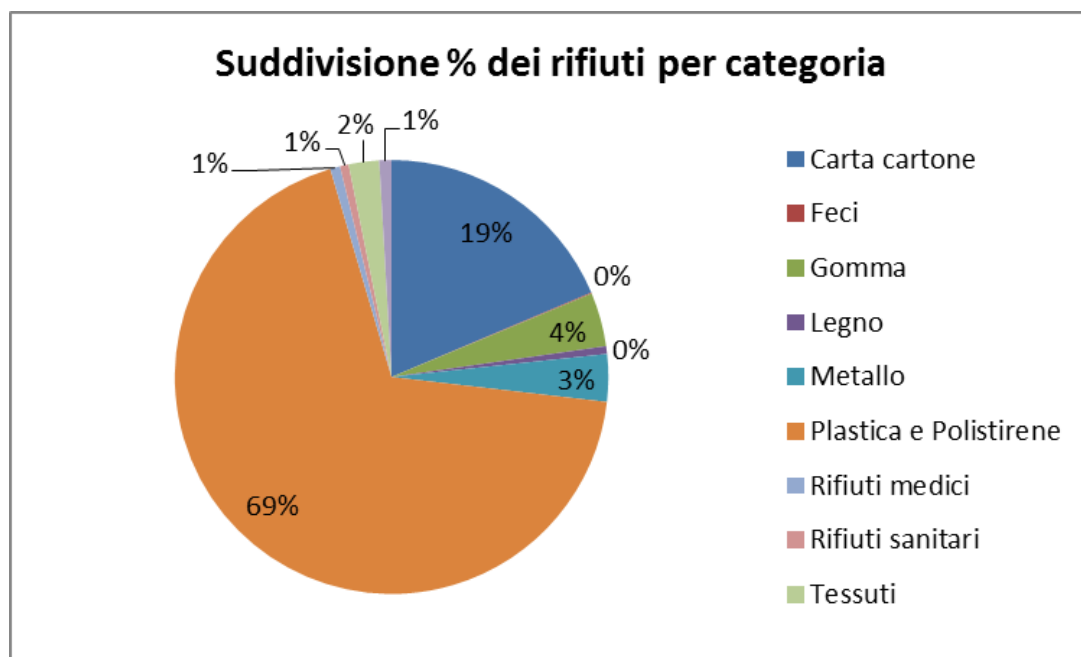


Figura 38: percentuale dei rifiuti per macrocategoria (sull'abbondanza degli oggetti trovati).

Infatti, la correlazione tra il numero totale di rifiuti rilevati e la presenza di plastica risulta nel complesso significativa ($R=0.925$) (Fig. 39) anche se i valori di correlazione di alcuni siti si discostano dalla retta.

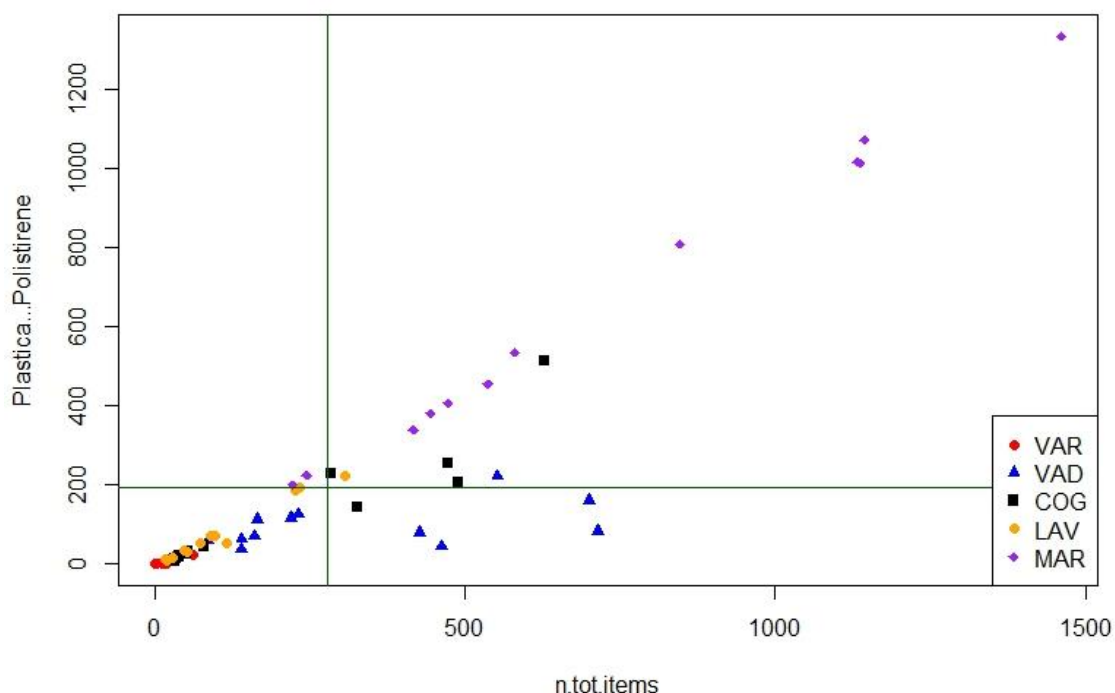


Figura 39: contributo degli oggetti di Plastica & Polistirene sull'abbondanza totale dei rifiuti suddivisa per spiaggia.

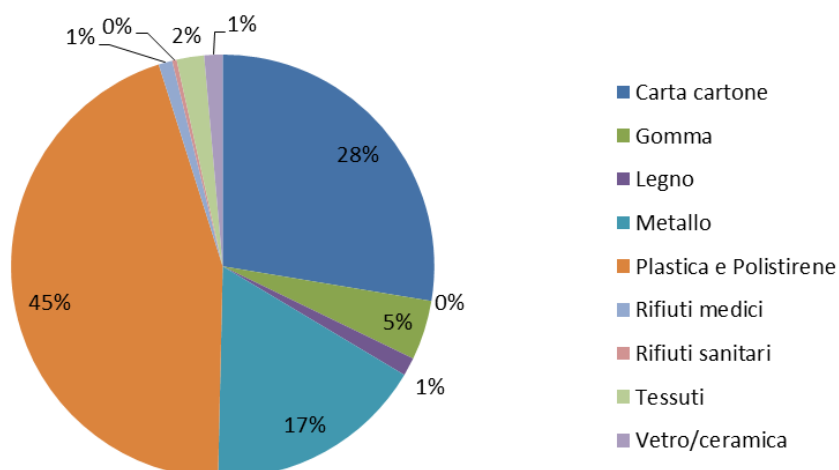
Nella tabella seguente (Tab. 10) sono riportati i valori di R per le singole spiagge:

Varigotti	Vado	Cogoleto	Lavagna	Marinella
0.887	0.461	0.935	0.986	0.998

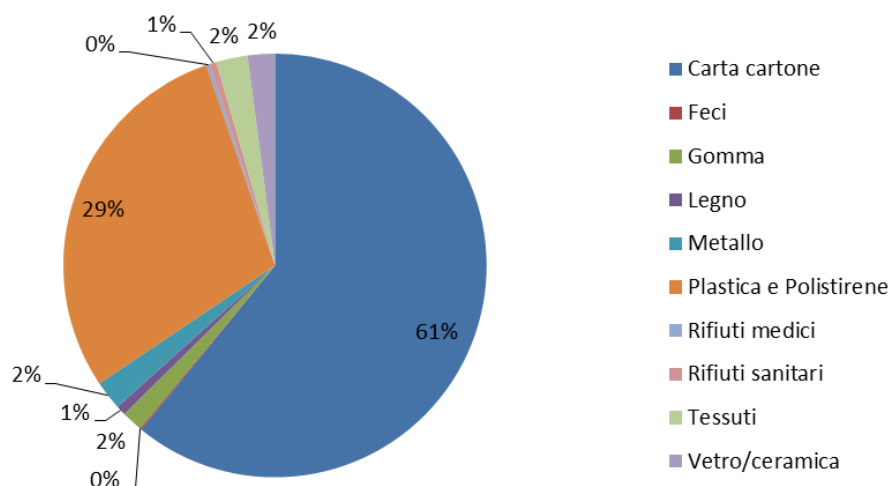
Tabella 10: Valori di R calcolato per ogni spiaggia

Nella spiaggia di Vado non esiste una correlazione significativa tra il numero di oggetti totali e la plastica, evidenziando quindi, che, almeno in alcuni campionamenti, una o più categorie di rifiuti diversi contribuiscono maggiormente al dato totale. Esaminando quindi nel dettaglio per ogni sito le macrocategorie di rifiuti rinvenuti si nota che le percentuali di occorrenza variano da sito a sito (Fig.3). Nel sito di Marinella la quasi totalità dei rifiuti rinvenuti (90%) è costituita da plastica; a Vado più della metà è costituita da carta e cartone (61%) mentre la plastica scende al 29%; a Cogoleto compare in maniera significativa la gomma (21%), la plastica rimane sempre predominante (59%); a Varigotti compare in maniera significativa il metallo (17%), la plastica si conferma il principale rifiuto (45%) seguito dalla carta e cartone (28%). Infine il sito di Lavagna è in linea con la distribuzione generale dei rifiuti riportata nella figura 40.

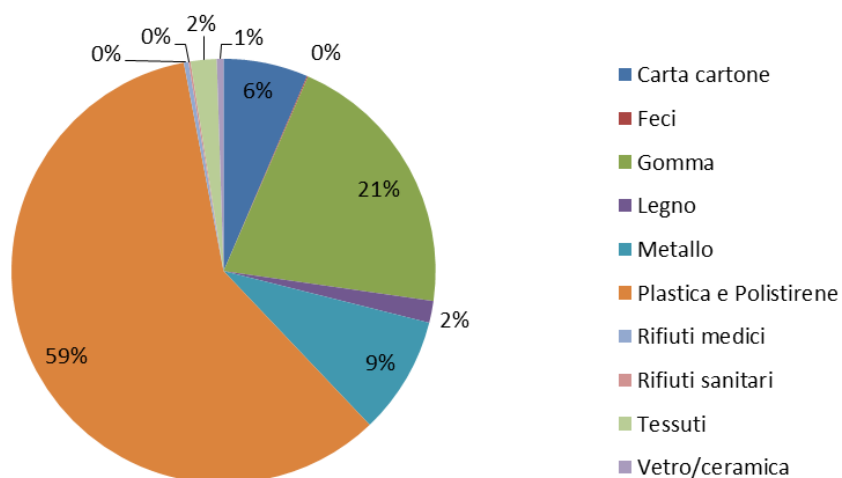
% abbondanza categorie rifiuti Varigotti



% abbondanza categorie rifiuti Vado



% abbondanza categorie rifiuti Cogoleto



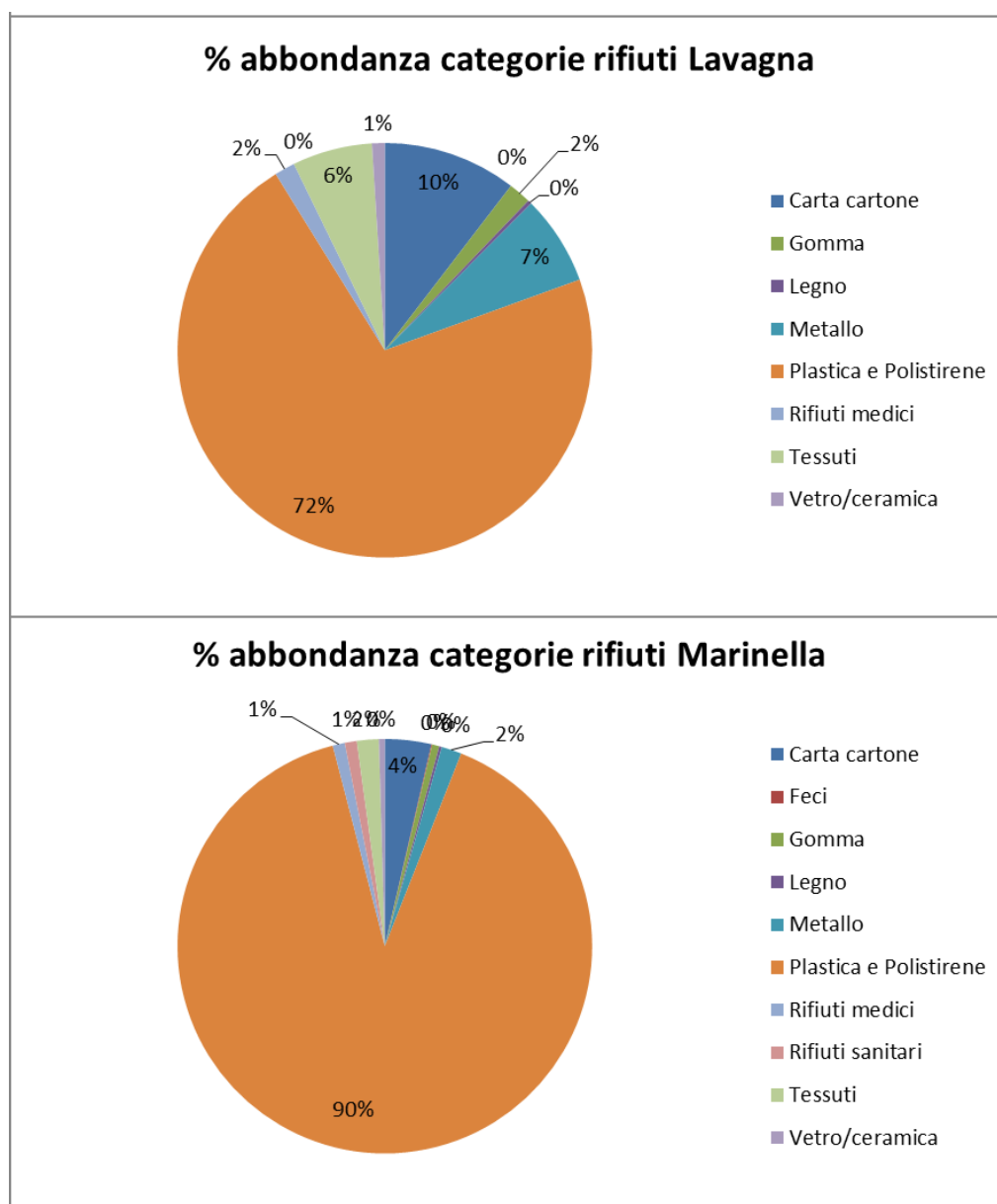


Figura 40: distribuzione percentuale dell'abbondanza dei rifiuti per categoria in ciascuna spiaggia.

Analizzando infine le categorie di rifiuti che costituiscono ogni macrocategoria (Fig.41) è risultato che la maggior parte di rifiuti presenti sugli arenili è rappresentata da pezzi di plastica di varie dimensioni (IT19) seguiti da bottiglie di plastica (IT7), frammenti di polistirolo (IT18) e spugne sintetiche (IT12).

Inoltre nella categoria carta e cartone prevalgono i mozziconi di sigaretta (IT32) (in particolare nel sito di Vado) seguiti da frammenti di carta, per lo più costituiti da fazzoletti di carta e scontrini (IT33).

Infine, in quantità minori ma non trascurabili sono presenti pezzi di gomma (IT24), elastici (IT23) e tappi metallici (IT39). Sono stati rilevati anche rifiuti

potenzialmente pericolosi per la salute umana come siringhe e feci anche se non in tutti i campionamenti e in numero limitato.

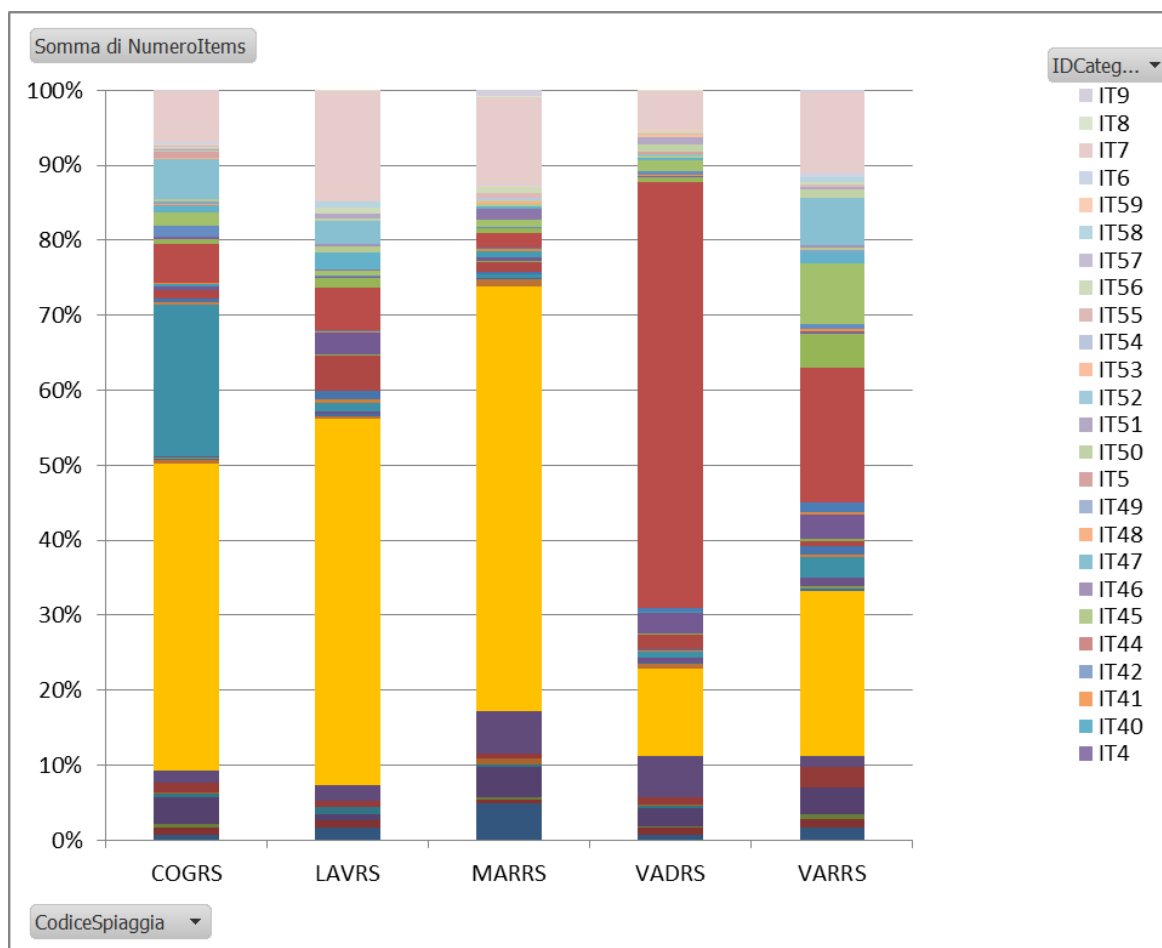


Figura 41: distribuzione percentuale dell'abbondanza dei rifiuti per micro-categorie in ciascuna spiaggia.

4.4.2. Calcolo degli indici di diversità (J') e eterogeneità (H') dei rifiuti per ogni sito

Per ogni sito sono stati calcolati gli indici di diversità di Shannon-Wiener (H') e di equitabilità di Pielou (J') al fine di individuare la variabilità e il grado di omogeneità della distribuzione dei rifiuti sulle spiagge. In tabella 11 vengono riportati i valori degli indici J' e H e le relative deviazione standard.

	J'		H'	
VARIGOTTI	0,950	0,015	2,681	0,323
VADO	0,875	0,028	3,061	0,067
COGOLETO	0,884	0,022	3,028	0,081
LAVAVAGNA	0,907	0,027	2,812	0,160
MARINELLA	0,851	0,017	3,115	0,088

Tabella 11: indici di diversità e eterogeneità.

La figura 42 si riferisce al grafico relativo ai valori degli indici J' e H' sopra calcolati

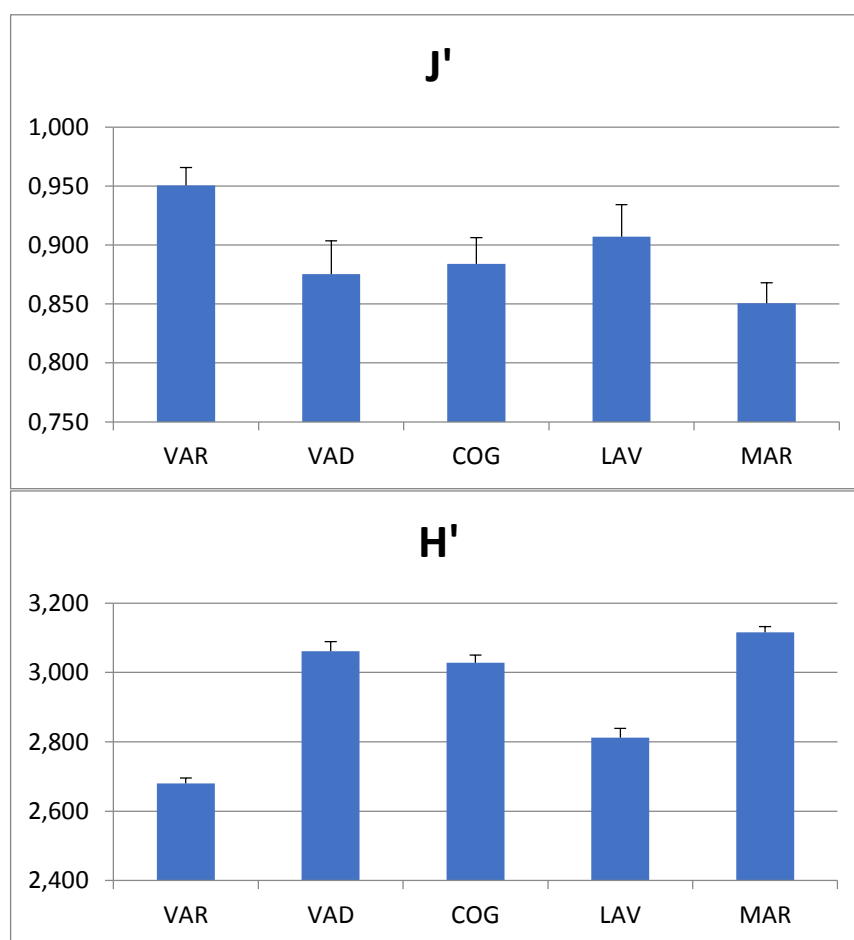


Figura 42: indice J' (sopra) e H' (sotto) per ciascuna spiaggia

Come si evince dal grafico l'indice di diversità è compreso in un range che va da 2.68 (± 0.323 SD) per Varigotti a 3.16 (± 0.08 SD) per Marinella. Marinella risulta essere la spiaggia con più alta diversità di rifiuti seguita da Vado e Cogoletto mentre il valore più basso di diversità risulta essere a Varigotti seguita da Lavagna.

L'indice di equitabilità presenta valori poco differenti tra loro e sempre prossimi a 1. Il valore più alto è quello di Varigotti 0.950 (± 0.015 SD) e il più basso è quello di Marinella 0.851 (± 0.017 SD). Tale risultato evidenzia che per la spiaggia di Marinella si ha una distribuzione dei rifiuti più eterogenea, mentre per quella di Varigotti si ha una distribuzione omogenea.

4.4.3. Raggruppamento in classi e composizione dei rifiuti

Il campionamento dei rifiuti marini litoranei riflette il bilancio a lungo termine tra gli input, le sorgenti terrestri o spiaggiamenti ed i processi di esportazione, input, sepoltura, degradazione e rimozione. Per studiare la composizione dei rifiuti

marini, un inquadramento di sintesi è stato ottenuto applicando il metodo della distanza media alla matrice triangolare di similarità di Bray Curtis ottenuta dalle abbondanze complessive (previa trasformazione con radice quadrata) delle categorie di rifiuti campionati escludendo le categorie IT9 (Parabordi/galleggianti/boe), IT21 (Stivali, calosce), IT 35 (Cassette), IT41 (Piombi/pesi da pesca/ami), IT44 (Bidoni, barattoli, latte di vernice), IT 46 (Batterie uso domestico), IT 49 (Lampadine tubi fluorescenti) poiché le osservazioni erano meno di 4 su 20; inoltre le categorie IT15-IT16-IT17 (Materiali palstici per la pesca es. lenze, reti per mitili, cassette per il pesce ecc), e IT 18-T19 (Altri oggetti di plastica e polistirolo) sono state sommate per armonizzare i dati provenienti dai diversi campionamenti in seguito ad alcuni cambiamenti nelle liste di rifiuti nel corso degli anni per aggiornamento delle metodiche ISPRA. Dalla Cluster analysis (Fig. 43), è possibile notare come i siti campionati si distribuiscano in 3 gruppi i cui componenti sono simili tra loro per caratteristiche quali-quantitative da cui rimane escluso un singolo campione.

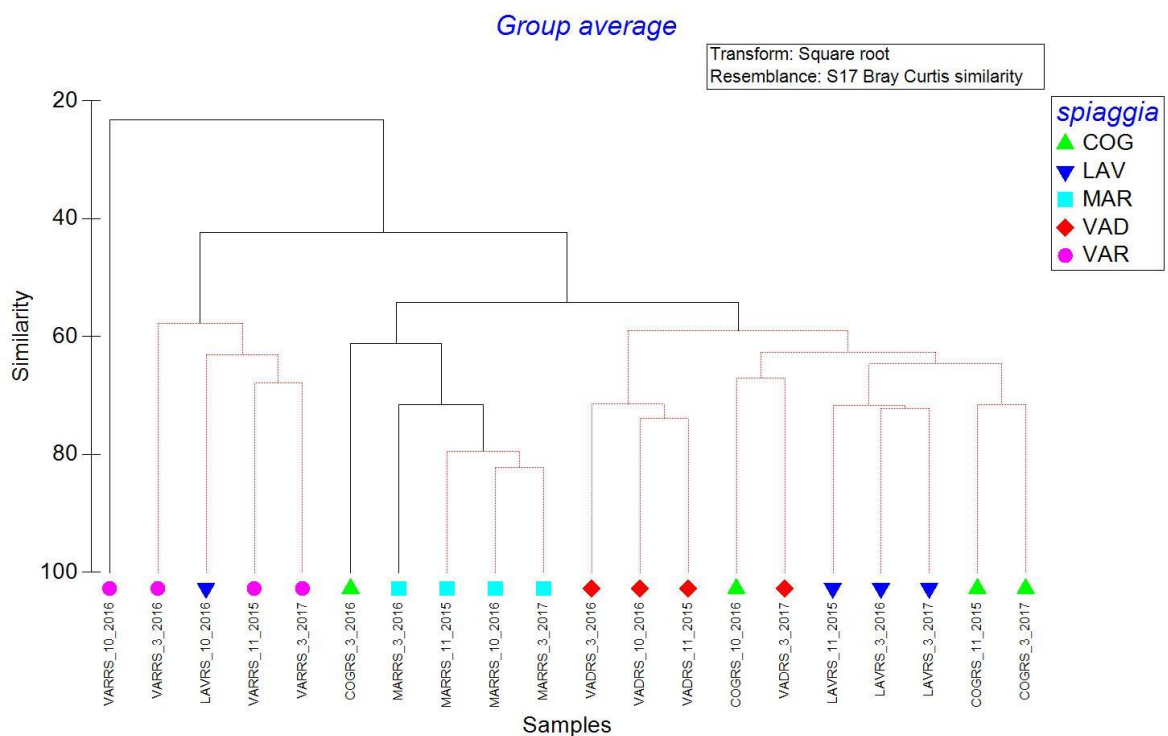


Figura 43: cluster analysis

In particolare è possibile notare come il primo gruppo e il singolo campione siano costituiti da tutti i campionamenti della stazione di Varigotti e da un campionamento effettuato nella stazione di Lavagna nell'autunno 2016. A tale

gruppo appartengono tutti i campionamenti caratterizzati da un basso numero di rifiuti conteggiati e con tipologie simili.

Il secondo gruppo è costituito da tutti i campionamenti della stazione di Marinella e da un campionamento effettuato nella stazione di Cogoleto nella primavera 2016. A tale gruppo appartengono tutti i campionamenti caratterizzati da un alto numero di rifiuti conteggiati e con una maggiore eterogeneità nelle tipologie.

Il terzo gruppo è costituito dai campionamenti di più stazioni con caratteristiche intermedie tra gli altri gruppi. Tale gruppo è suddiviso in ulteriori 4 sottogruppi di cui 3 sono costituiti dai soli campionamenti eseguiti su una stessa stazione.

In generale la spiaggia di Varigotti e quella di Marinella si discostano dalle altre, che in alcuni casi mostrano differenze anche significative tra i campionamenti, suddividendosi in gruppi differenti.

L'ordinamento nMDS, eseguito come per la precedente classificazione, sulla matrice triangolare di similarità di Bray Curtis, calcolata sulle abbondanze complessive di tutte le categorie di rifiuti nei due anni di campionamento (Fig. 44), mostra come alcune stazioni appartenenti a tutti gli anni campionati manifestino una tendenza a raggrupparsi, mentre altre stazioni risultano più eterogeneamente distribuite nello spazio dell'ordinamento bidimensionale. Il valore di stress è pari a 0,08 e indica la bontà della rappresentazione.

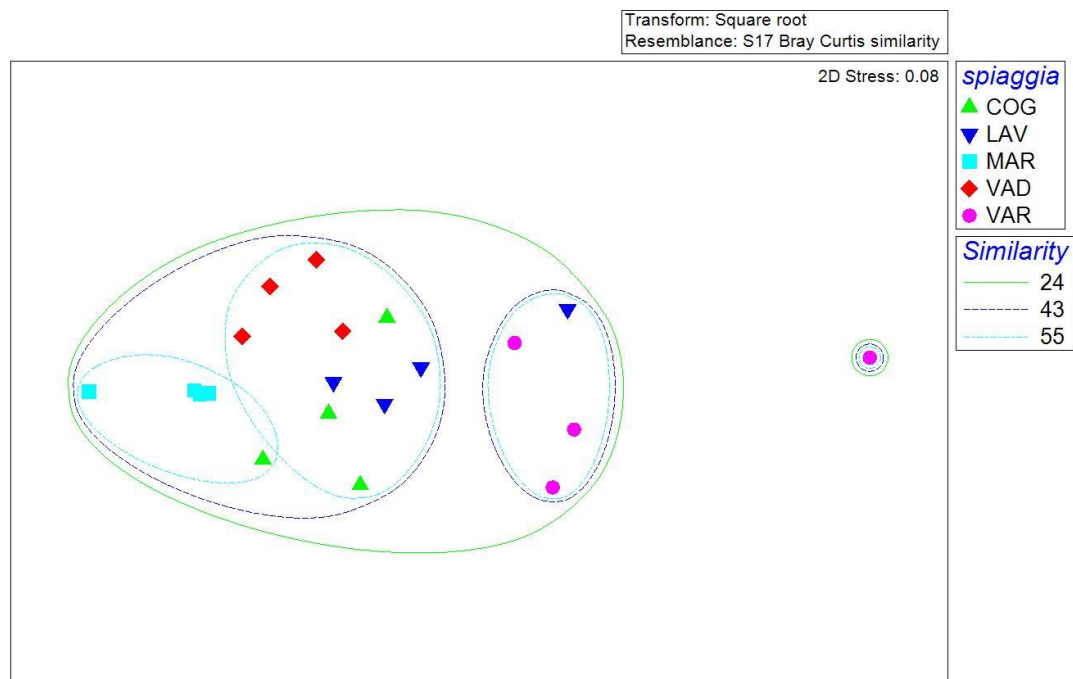


Figura 44: nMDS con sovrainposti i valori di similarità secondo i risultati della cluster analysis.

Gli ordinamenti nMDS restituiscono una situazione concorde alla cluster analysis evidenziando una maggior differenziazione del sito di Varigotti, il quale presenta una scarsa presenza di rifiuti, dal sito Marinella, il quale presenta invece un alto numero di rifiuti. Gli altri siti, pur presentando una distribuzione eterogenea e nel complesso assimilabile a condizioni intermedie, mostrano una maggiore similarità tra i campionamenti eseguiti su una stessa stazione.

Considerando un altro approccio è stata effettuata l'analisi della similarità ANOSIM per verificare la significatività delle differenze tra i siti. L'analisi è stata applicata ai valori di similarità delle categorie di rifiuti utilizzando come fattore di variazione la spiaggia (Tab. 12).

Dai risultati dell'analisi effettuata sull'intero set di dati si osservano chiare differenze tra i siti campionati (ANOSIM – one-way – Spiaggia: global $R=0.673$, $pvalue=0.01$).

Per quanto riguarda la variabilità tra le stazioni, dai risultati del Pairwise Tests, si può osservare tra quali stazioni ci siano maggiori differenze:

<i>Pairwise Tests</i>						
Groups	R	Significance	Possible	Actual	Number	>=
Statistic		Level %	Permutations	Permutations	Observed	
COG, LAV	0.458	2.9	35	35	1	
COG, MAR	0.896	2.9	35	35	1	
COG, VAD	0.781	2.9	35	35	1	
COG, VAR	0.604	2.9	35	35	1	
LAV, MAR	0.833	2.9	35	35	1	
LAV, VAD	0.604	2.9	35	35	1	
LAV, VAR	0.396	5.7	35	35	2	
MAR, VAD	0.906	2.9	35	35	1	
MAR, VAR	0.813	2.9	35	35	1	
VAD, VAR	0.646	2.9	35	35	1	

Tabella 12: Anosim one way e pairwise Tests.

Si osserva che vi sono generalmente differenze notevoli tra tutti i siti tranne che per quelli di Lavagna-Varigotti e di Cogoleto-Lavagna ($R<0.5$); le differenze più elevate si riscontrano tra Marinella e tutti gli altri siti.

Questi risultati confermano e rafforzano quanto emerso dalla classificazione e dall'ordinamento, ovvero l'esistenza di una differenziazione spaziale nella composizione dei rifiuti tra le spiagge del mar Ligure.

Al fine di conoscere quali rifiuti sono maggiormente responsabili delle differenze riscontrate tra le stazioni, è stata effettuata l'analisi delle percentuali di similarità (SIMPER) (Tab. 13). Nelle tabelle seguenti sono state riportate le categorie di rifiuti che danno un contributo percentuale superiore al 5%.

<i>Groups COG & LAV</i>					
Average dissimilarity = 42.87					
Species	Group COG Av.Abund	Group LAV Av.Abund	Av.Di ss	Diss/ SD	Contri b%
Pezzi di gomma (IT24)	10.81	1.93	5.98	2.24	13.95
Pezzi di plastica e polistirolo (IT18-IT19)	15.63	12.22	3.92	1.19	9.13
<i>Groups COG & MAR</i>					
Average dissimilarity = 46.90					
Species	Group COG Av.Abund	Group MAR Av.Abu nd	Av.Di ss	Diss/ SD	Contri b%
Pezzi di plastica e polistirolo (IT18-IT19)	15.63	36.07	7.99	2.60	17.04
Contenitori alimentari in plastica (IT7)	5.92	15.83	3.93	2.93	8.37
Pezzi di gomma (IT24)	10.81	2.63	3.29	2.13	7.02
Sacchetti di plastica (IT1)	1.82	9.51	2.91	2.57	6.21
<i>Groups LAV & MAR</i>					
Average dissimilarity = 53.30					
Species	Group LAV Av.Abu nd	Group MAR Av.Abu nd	Av.Di ss	Diss/ SD	Contri b%
Pezzi di plastica e polistirolo (IT18-IT19)	12.22	36.07	10.75	2.98	20.17
Contenitori alimentari in plastica (IT7)	6.66	15.83	4.20	2.90	7.87
Sacchetti di plastica (IT1)	2.27	9.51	3.12	2.47	5.86
Spugne sintetiche (IT12)	1.62	8.78	3.11	3.01	5.83
<i>Groups COG & VAD</i>					
Average dissimilarity = 41.93					
Species	Group COG Av.Abu nd	Group VAD Av.Abu nd	Av.Di ss	Diss/ SD	Contri b%
Mozziconi di sigaretta (IT32)	4.91	21.24	7.89	1.71	18.81
Pezzi di gomma (IT24)	10.81	2.62	4.20	2.06	10.03
Pezzi di plastica e polistirolo (IT18-IT19)	15.63	12.57	2.69	1.29	6.41
Pezzi di metallo (IT47)	5.67	0.75	2.48	3.15	5.91
<i>Groups LAV & VAD</i>					
Average dissimilarity = 45.32					
	Group	Group			

	LAV	VAD			
Species	Av.Abu nd	Av.Abu nd	Av.Di ss	Diss/ SD	Contri b%
Mozziconi di sigaretta (IT32)	3.84	21.24	9.88	1.71	21.80
Pezzi di plastica e polistirolo (IT18-IT19)	12.22	12.57	2.79	1.25	6.15
Frammenti di carta/riviste (IT29)	2.14	4.99	2.28	1.16	5.03
<i>Groups MAR & VAD</i>					
Average dissimilarity = 43.60					
Species	Group MAR Av.Abu nd	Group VAD Av.Abu nd	Av.Di ss	Diss/ SD	Contri b%
Pezzi di plastica e polistirolo (IT18-IT19)	36.07	12.57	8.66	3.35	19.86
Mozziconi di sigaretta (IT32)	6.14	21.24	5.48	1.53	12.57
Contenitori alimentari in plastica (IT7)	15.83	7.13	3.24	3.93	7.44
Sacchetti di plastica (IT1)	9.51	2.74	2.41	2.15	5.53
<i>Groups COG & VAR</i>					
Average dissimilarity = 59.62					
Species	Group COG Av.Abu nd	Group VAR Av.Abu nd	Av.Di ss	Diss/ SD	Contri b%
Pezzi di plastica e polistirolo (IT18-IT19)	15.63	3.91	9.42	2.62	15.80
Pezzi di gomma (IT24)	10.81	1.22	8.09	2.38	13.57
Contenitori alimentari in plastica (IT7)	5.92	2.38	3.23	1.52	5.41
Pezzi di metallo (IT47)	5.67	1.90	3.09	2.52	5.18
<i>Groups LAV & VAR</i>					
Average dissimilarity = 52.64					
Species	Group LAV Av.Abu nd	Group VAR Av.Abu nd	Av.Di ss	Diss/ SD	Contri b%
Pezzi di plastica e polistirolo (IT18-IT19)	12.22	3.91	8.81	1.90	16.73
Contenitori alimentari in plastica (IT7)	6.66	2.38	4.87	2.08	9.25
Prodotti tessili (IT27)	3.40	0.50	3.30	2.04	6.27
Mozziconi di sigaretta (IT32)	3.84	2.93	2.69	1.32	5.10
<i>Groups MAR & VAR</i>					
Average dissimilarity = 72.29					
Species	Group MAR Av.Abu nd	Group VAR Av.Abu nd	Av.Di ss	Diss/ SD	Contri b%
Pezzi di plastica e polistirolo (IT18-IT19)	36.07	3.91	16.75	6.79	23.17

Contenitori alimentari in plastica (IT7)	15.83	2.38	7.11	5.18	9.84
Sacchetti di plastica (IT1)	9.51	0.96	4.34	3.11	6.00
Spugne sintetiche (IT12)	8.78	1.21	3.81	3.13	5.28
<i>Groups VAD & VAR</i>					
Average dissimilarity = 63.19					
Species	Group VAD Av.Abu nd	Group VAR Av.Abu nd	Av.Di ss	Diss/ SD	Contri b%
Mozziconi di sigaretta (IT32)	21.24	2.93	12.53	1.81	19.83
Pezzi di plastica e polistirolo (IT18-IT19)	12.57	3.91	6.25	2.38	9.89
Contenitori alimentari in plastica (IT7)	7.13	2.38	3.48	2.53	5.51

Tabella 13: Simper analysis

Da questa analisi è stato possibile identificare 10 categorie di rifiuti che sono significativamente responsabili di una alta % di tutte le differenze: frammenti di plastica, frammenti di polistirolo, bottiglie di plastica/tappi di bottiglia, spugne sintetiche, sacchetti di plastica, mozziconi di sigaretta, frammenti di carta, pezzi di gomma, pezzi di metallo, prodotti tessili.

Marinella e Varigotti si confermano come le spiagge con la maggiore dissimilarità nella composizione dei rifiuti marini (72.29%), mentre Cogoletto e Vado sono quelle più simili (41.93%).

4.4.4.Indice di pulizia delle coste CCI

La pulizia delle spiagge è stata valutata attraverso l'indice di pulizia della costa (CCI) di Alkalay et al. (2007). L'indice CCI è stato calcolato mediando i valori dei singoli CCI calcolati per ogni campionamento come media della densità dei tre transetti campionati. Il CCI complessivo è stato infine calcolato mediando i risultati dei CCI dei singoli campionamenti (Tab. 14).

	Valid N	Median	Minimum	Maximum	Mean	Std.Dev.	Qualità
TOTALE	60	4,2	0,1	52,4	7,9	9,7	Moderata
VARIGOTTI	12	1,7	0,1	4,6	2,0	1,3	Molto pulita
VADO	12	6,0	1,6	14,7	6,8	4,6	Moderata
COGOLETO	12	5,0	0,9	52,4	12,8	16,7	Sporca
LAVAGNA	12	2,9	0,7	14,1	4,5	4,2	Pulita
MARINELLA	12	8,7	3,2	30,5	13,1	8,7	Sporca

Tabella 14: distribuzione dell'indice di pulizia per ciascuna spiaggia e considerando l'insieme delle spiagge liguri campionate.

Complessivamente la densità media delle spiagge monitorate ammonta a 0.40 oggetti/mq. Tra le 5 spiagge esaminate Marinella (0,70 oggetti/mq) è quella con l'accumulo di rifiuti significativamente più alto rispetto alle altre che variano tra un range di 0.10–0.65 oggetti/mq.

Per valutare la significatività delle differenze tra i valori di CCI in base a diversi fattori (spiagge, transetti, campionamenti, dimensione dei bacini sottesi ai fiumi limitrofi) è stata applicata l'analisi della varianza parametrica ad una via ANOVA. Prima di applicare questa analisi i dati sono stati trasformati in scala logaritmica e successivamente ne è stata verificata la normalità della distribuzione tramite il test Shapiro Wilk e la omogeneità delle varianze tramite il test di Levene.

La distribuzione del CCI per ciascuna spiaggia è mostrata nella figura 45.

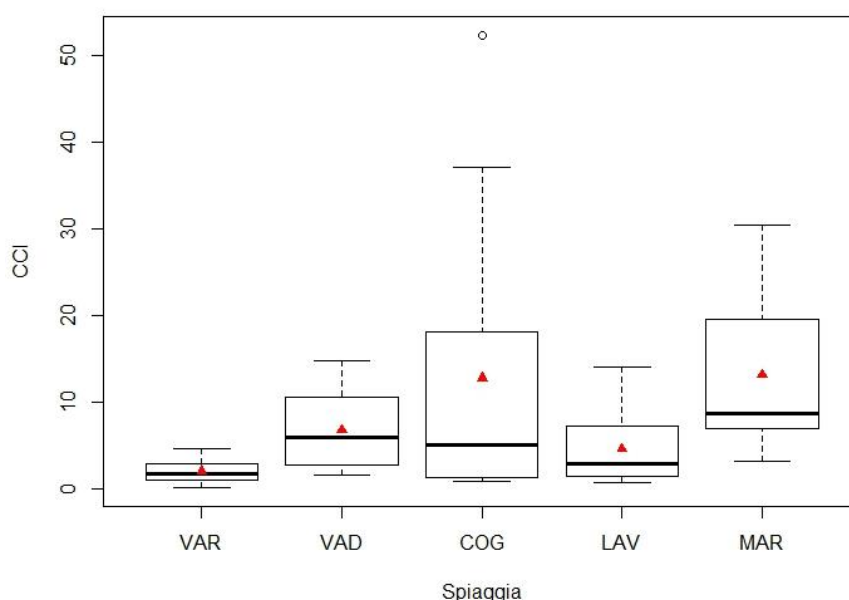


Figura 45: distribuzione del CCI per ciascuna spiaggia.

L'analisi della varianza secondo il fattore "spiaggia" (DF=4, F value=6.2628, p-value<0.001) mostra una differenza nell'indice di pulizia tra le spiagge. Inoltre il post-hoc test evidenzia per quali spiagge l'indice è significativamente diverso (Tab. 15):

Tukey multiple comparisons of means
95% family-wise confidence level

	diff	lwr	upr	p adj
VAD-VAR	0.554758516	0.04470182	1.0648152	0.0265823
COG-VAR	0.556119588	0.04606289	1.0661763	0.0260575
LAV-VAR	0.296828703	-0.21322799	0.8068854	0.4781609
MAR-VAR	0.851864469	0.34180777	1.3619212	0.0001627

COG-VAD	0.001361071	-0.50869562	0.5114178	1.0000000
LAV-VAD	-0.257929814	-0.76798651	0.2521269	0.6137248
MAR-VAD	0.297105953	-0.21295074	0.8071626	0.4772164
LAV-COG	-0.259290885	-0.76934758	0.2507658	0.6089601
MAR-COG	0.295744882	-0.21431181	0.8058016	0.4818582
MAR-LAV	0.555035767	0.04497907	1.0650925	0.0264746

Tabella 15: Turkey post-hoc ANOVA test fattore spiaggia.

Varigotti presenta un valore di CCI più basso rispetto alle altre spiagge (risultando “molto pulita”) mentre Cogoletto e Marinella sono quelle con un valore di CCI più alto (spiaggia “sporca”). Le spiagge di Vado e Cogoletto mostrano differenze nel CCI solo paragonate a Varigotti, che differisce da tutte le altre tranne che da Lavagna. Per verificare se il valore di CCI è omogeneo nelle spiagge, si è verificata la distribuzione nei diversi transetti (Fig. 46).

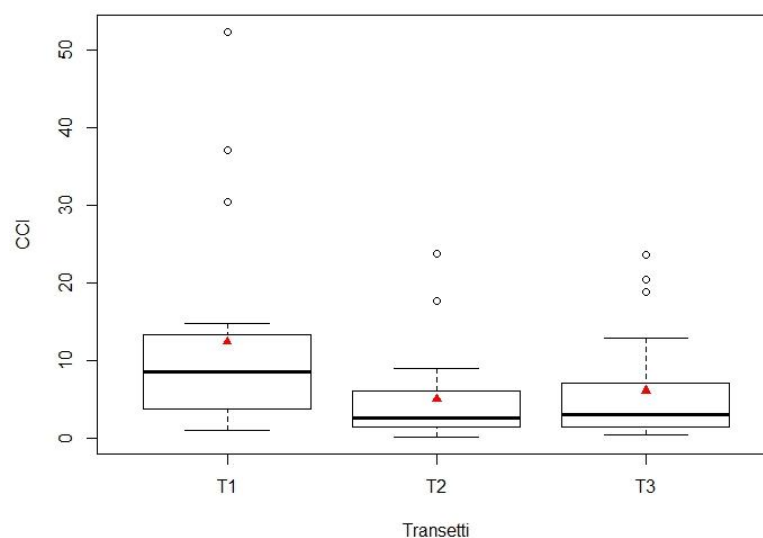


Figura 46: distribuzione del valore di CCI secondo i transetti.

Esistono evidenze sperimentali per rifiutare l’uguaglianza delle distribuzioni (ANOVA ad una via fattore transetti: DF=2, F value=5.032, p-value<0.01).

In particolare mediamente i valori del transetto 1 sono maggiori che negli altri due (Tab 16):

Tukey multiple comparisons of means				
95% family-wise confidence level				
	diff	lwr	upr	p adj
T2-T1	-0.45264647	-0.8209495	-0.08434345	0.0123451
T3-T1	-0.37844109	-0.7467441	-0.01013807	0.0427439
T3-T2	0.07420538	-0.2940976	0.44250841	0.8787606

Tabella 16: Turkey post-hoc ANOVA test fattore transetti

Analizzando nel dettaglio i transetti nelle singole spiagge, il primo transetto di Cogoletto è quello con la differenza più elevata rispetto al primo transetto delle

altre spiagge (Fig. 47). Lo stesso andamento è riconoscibile per Varigotti, Vado e Lavagna, mentre Marinella fa eccezione.

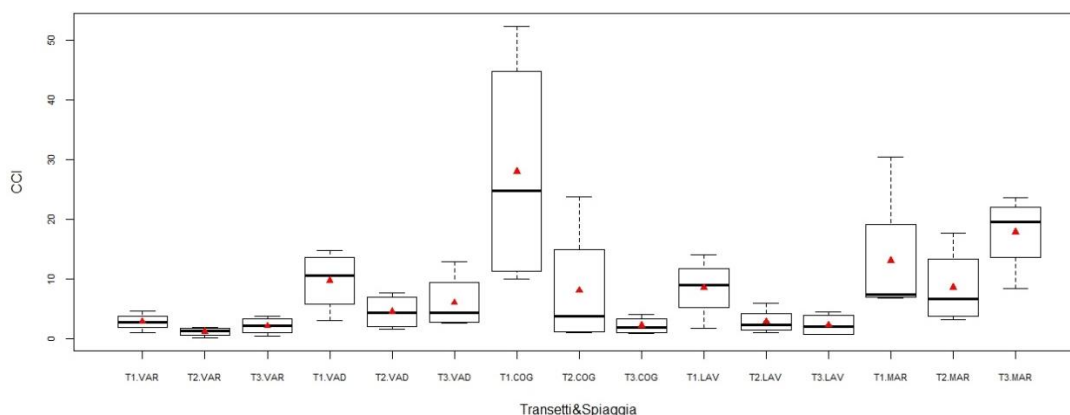


Figura 47: distribuzione del valore di CCI per ogni spiaggia secondo i transetti.

La distribuzione dell'indice CCI secondo il campionamento è mostrato in figura 48.

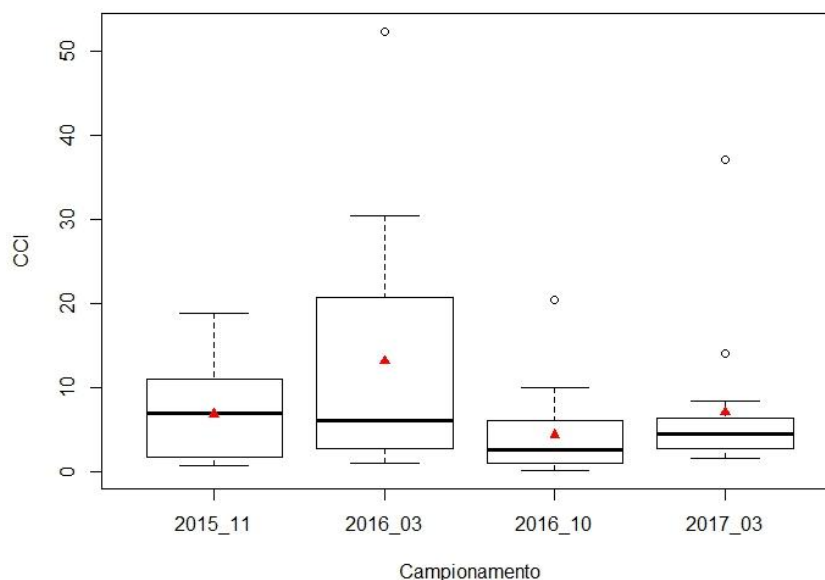


Figura 48: distribuzione del CCI per ciascun campionamento.

Il CCI è significativamente diverso tra i campionamenti (Fig. XX; ANOVA ad una via fattore campionamento: $DF=3$, $F \text{ value}=2.9199$, $p\text{-value}<0.05$), in particolare tra quelli dell'autunno 2016/primavera 2017 e i rimanenti (Tab. 17):

Tukey multiple comparisons of means
95% family-wise confidence level

	diff	lwr	upr	p adj
2016_03-2015_11	0.22105642	-0.2551495	0.6972624	0.6111927
2016_10-2015_11	-0.30426523	-0.7804712	0.1719407	0.3375659
2017_03-2015_11	0.03031456	-0.4458914	0.5065205	0.9982763
2016_10-2016_03	-0.52532165	-1.0015276	-0.0491157	0.0251423
2017_03-2016_03	-0.19074185	-0.6669478	0.2854641	0.7146475
2017_03-2016_10	0.33457979	-0.1416262	0.8107857	0.2567589

Tabella 17: Turkey post-hoc ANOVA test fattore campionamenti

I CCI dell'autunno 2016 e della primavera 2017 risultano più bassi rispetto a quelli dell'autunno 2015 e della primavera 2016.

La distribuzione dell'indice CCI secondo la dimensione del Bacino fluviale sotteso è mostrata in figura 49.

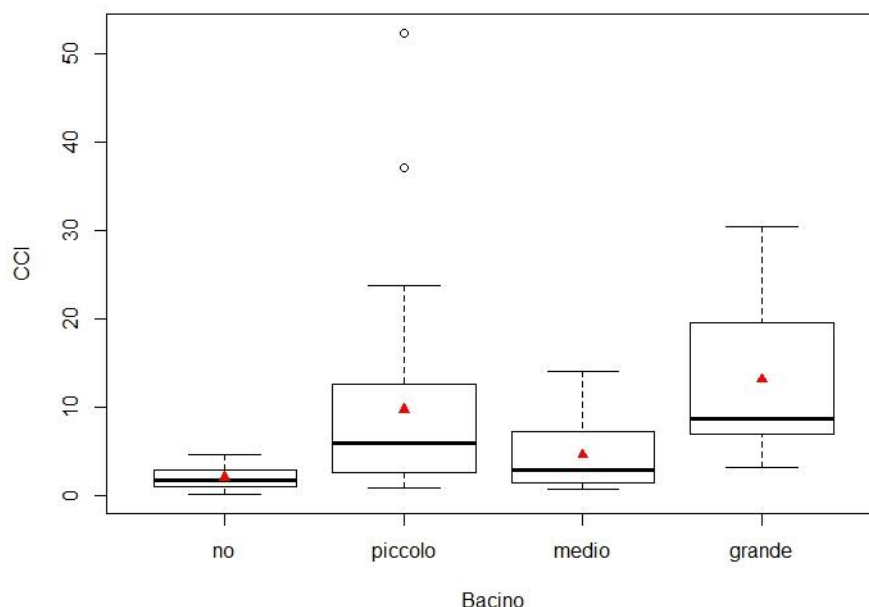


Figura 49: distribuzione del CCI per grandezza del bacino fluviale sotteso.

Il CCI è significativamente diverso a seconda della dimensione del bacino sotteso dai fiumi limitrofi ai siti di campionamento (ANOVA ad una via fattore bacino:

DF=3, F value=8.5022, p-value<0.0001). Il CCI risulta significativamente più alto quando la stazione è in prossimità di una foce di un corso d'acqua con grande dimensione del bacino, ma anche quando il bacino sotteso è piccolo possono essere raggiunti elevati valori di CCI, rendendo non significativa la differenza tra "grande" e "piccolo" (Tab. 18):

Tukey multiple comparisons of means
95% family-wise confidence level

	diff	lwr	upr	p adj
piccolo-no	0.5554391	0.14444400	0.9664341	0.0039189
medio-no	0.2968287	-0.17774751	0.7714049	0.3563368
grande-no	0.8518645	0.37728826	1.3264407	0.0000833
medio-piccolo	-0.2586103	-0.66960540	0.1523847	0.3510314
grande-piccolo	0.2964254	-0.11456964	0.7074205	0.2356869
grande-medio	0.5550358	0.08045956	1.0296120	0.0157050

Tabella 18: Turkey post-hoc ANOVA test fattore bacino sotteso

Per valutare invece la significatività delle differenze tra i valori di CCI in base alle stagioni (Fig. 50) alle pressioni antropiche (Fig. 51) e alla presenza di foci fluviali (Fig. 52) è stato applicato il Welch t-test (unequal variances) poiché dopo essere

trasformati in scala logaritmica questi dati presentavano una distribuzione normale ma varianze diverse (test di Fisher).

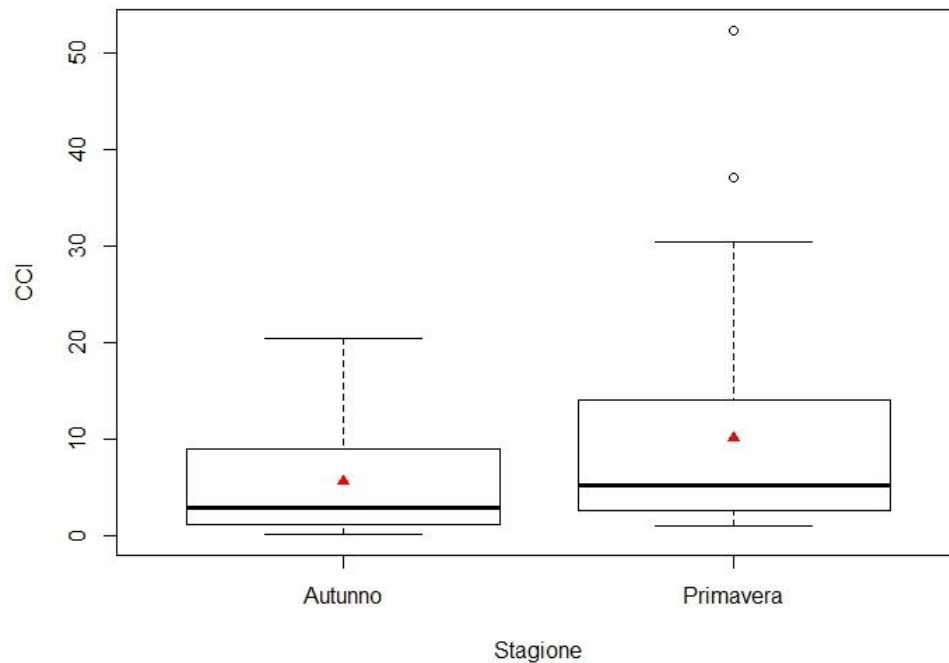


Figura 50: distribuzione del CCI per stagione.

La stagione del campionamento sembra esercitare un'influenza nel grado di pulizia delle spiagge (Two Sample t-test a una coda - fattore stagione: $DF=58$, $t = -2.1482$, $p\text{-value} < 0.05$): il CCI tende ad assumere un valore più alto in primavera rispetto all'autunno.

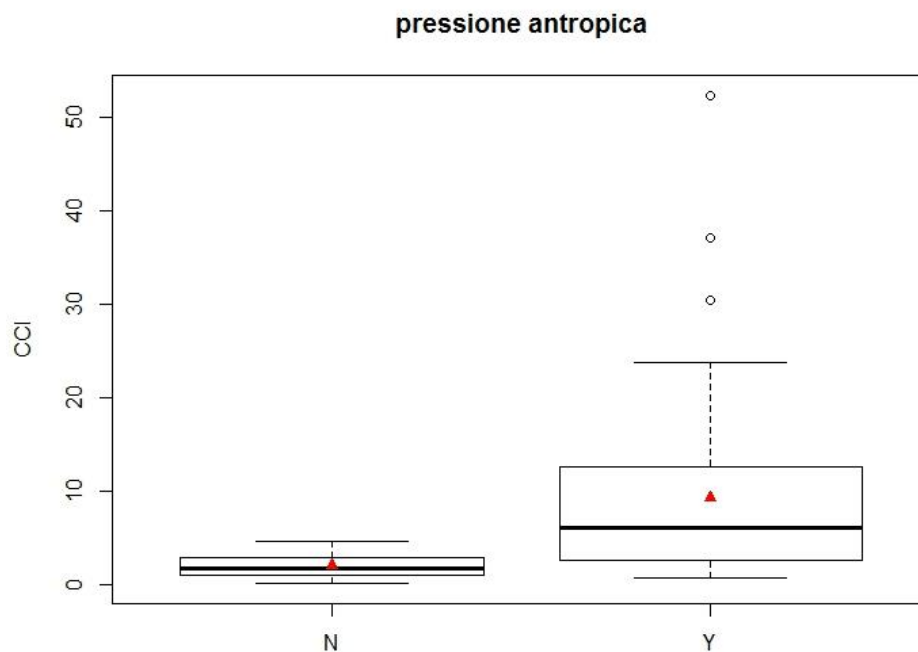


Figura 51: distribuzione del CCI a seconda della presenza o meno di impatti antropici in vicinanza delle spiagge.

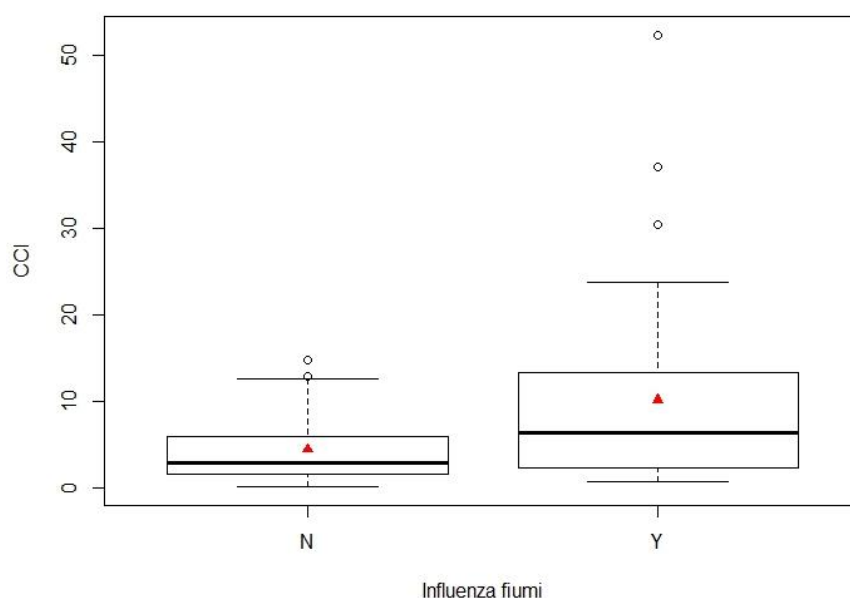


Figura 52: distribuzione del CCI a seconda della presenza o meno di foci in vicinanza delle spiagge.

Molto più evidenti risultano le differenze a seconda della presenza o meno di pressioni antropiche o di foci fluviali in vicinanza alle spiagge (Two Sample t-test a una coda - fattore pressioni antropiche: $DF=58$, $t = -3.7484$, $p\text{-value} < 0.001$; Two Sample t-test fattore influenza fiumi: $t = 2.2084$, $df = 58$, $p\text{-value} < 0.05$). Il valore di CCI aumenta in presenza di impatti antropici e di foci fluviali limitrofe indipendentemente dalla loro dimensione. La sola presenza di piccoli torrenti o fiumi fa aumentare in maniera significativa la densità di rifiuti sulle spiagge. Da queste analisi è risultato che complessivamente tutti i fattori analizzati influenzano in maniera significativa la densità dei rifiuti nelle spiagge Liguri monitorate in questo lavoro (Tab. 19).

Variabile	Livelli	Test	p-value
Spiaggia	5	One way ANOVA (data log transformed)	<0.001
Campionamenti	4	One way ANOVA (data log transformed)	<0.05
Stagione	2	Two sample t-test (data log transformed)	<0.05
Transetti	3	One way ANOVA (data log transformed)	<0.01
Bacini fluviali	4	One way ANOVA (data log transformed)	<0.0001
Pressione antropica	2	Two sample t-test (data log transformed)	<0.001
Influenza fiumi	2	Two sample t-test (data log transformed)	<0.05

Tabella 19: Riassunto risultati test ANOVA e Two Sample t-test per tutti i fattori analizzati

I risultati di queste elaborazioni sono servite per individuare le analisi statistiche necessarie alla comprensione della problematica dei rifiuti marini in merito a composizione, origine e densità. Inoltre, queste informazioni sono indispensabili

per poter individuare le strategie per una corretta pianificazione e gestione di questo problema a livello locale e regionale.

4.5. SVILUPPO DI TECNOLOGIE SMART PER UN MONITORAGGIO ALL'AVANGUARDIA

Al fine di poter informatizzare e automatizzare le procedure del sistema di monitoraggio classico è stato necessario sviluppare delle tecnologie hardware e software, attualmente non disponibili sul mercato, specifiche per lo studio del marine litter.

4.5.1.Acquisizione dati dei rifiuti spiaggiati tramite app per tablet

Per acquisire i dati durante i campionamenti sul campo è stata realizzata una piattaforma informatica per sistemi mobili (smartphone e tablet).

L'app sviluppata è in grado di rilevare la posizione dell'utente e di visualizzarla sulla mappa, in modo da verificarne in tempo reale la posizione.

Per qualificare anche visivamente quanto rinvenuto, è possibile scattare una o più fotografie georeferenziate ai rifiuti tramite l'implementazione di un pulsante virtuale.

Infine sono presenti i campi per la compilazione della tipologia, del numero, dello stato di degradazione dei rifiuti e la spunta per indicare se il rifiuto è stato rimosso (Fig. 53). Il form così compilato può essere immediatamente inviato al server se è presente una connessione internet, oppure può essere salvato in locale nel database dell'app ed inviato in un secondo momento.

Di seguito si riportano i passaggi da seguire per un corretto utilizzo dell'app. L'utente dovrà:

1. selezionare dal menù a tendina "*operatore*" il proprio identificativo (Nome e Cognome) e se non presente provvederà a crearne un nuovo (Fig.53).
2. selezionare dal menù a tendina "*stazione*" il nome della spiaggia in cui si trova (Fig.53).
3. selezionare dal menù a tendina "*campagna*" il nome delle campagna di mnitoraggio (Fig.53).
4. Premere il pulsante "*set*" per imposatre automaticamente la data corrente (Fig.53).

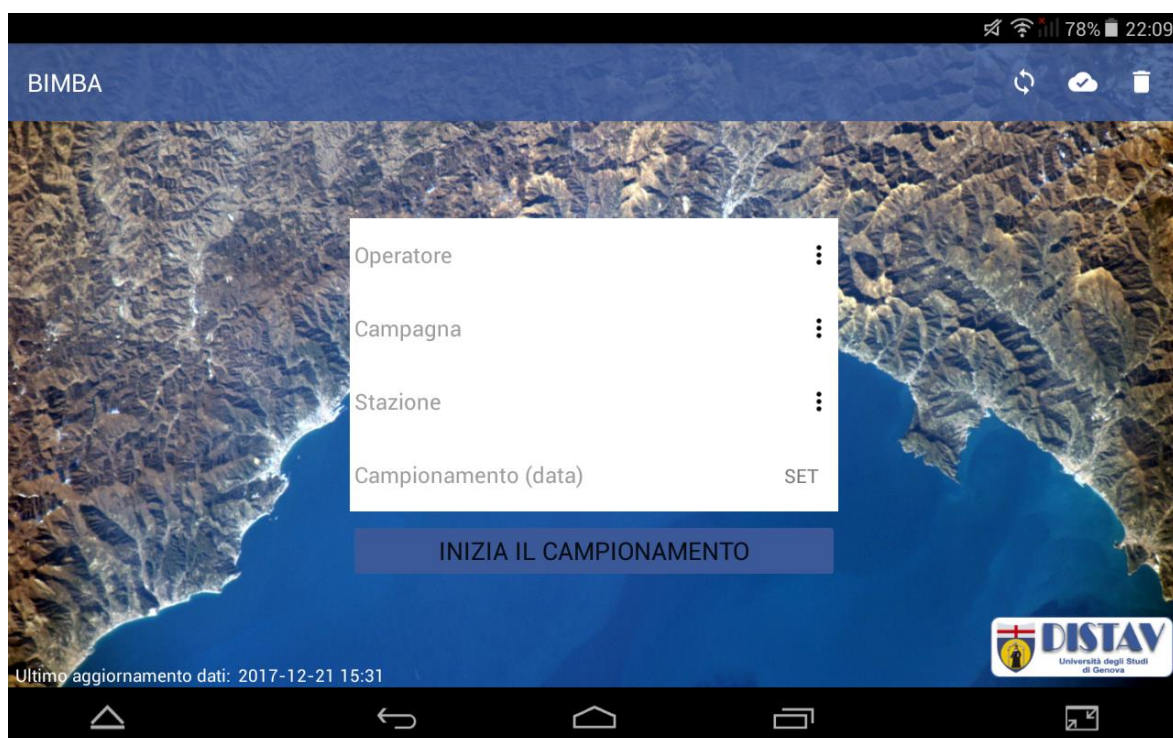


Figura 53: schermata iniziale attraverso la quale selezionare l'operatore, la campagna, la stazione e la data.

5. verificare la corretta impostazioni di data, ora e delle coordinate GPS rilevate automaticamente dall'app grazie alle funzionalità già presenti nei dispositivi moderni (tablet, cellulare ecc) (Fig.54).

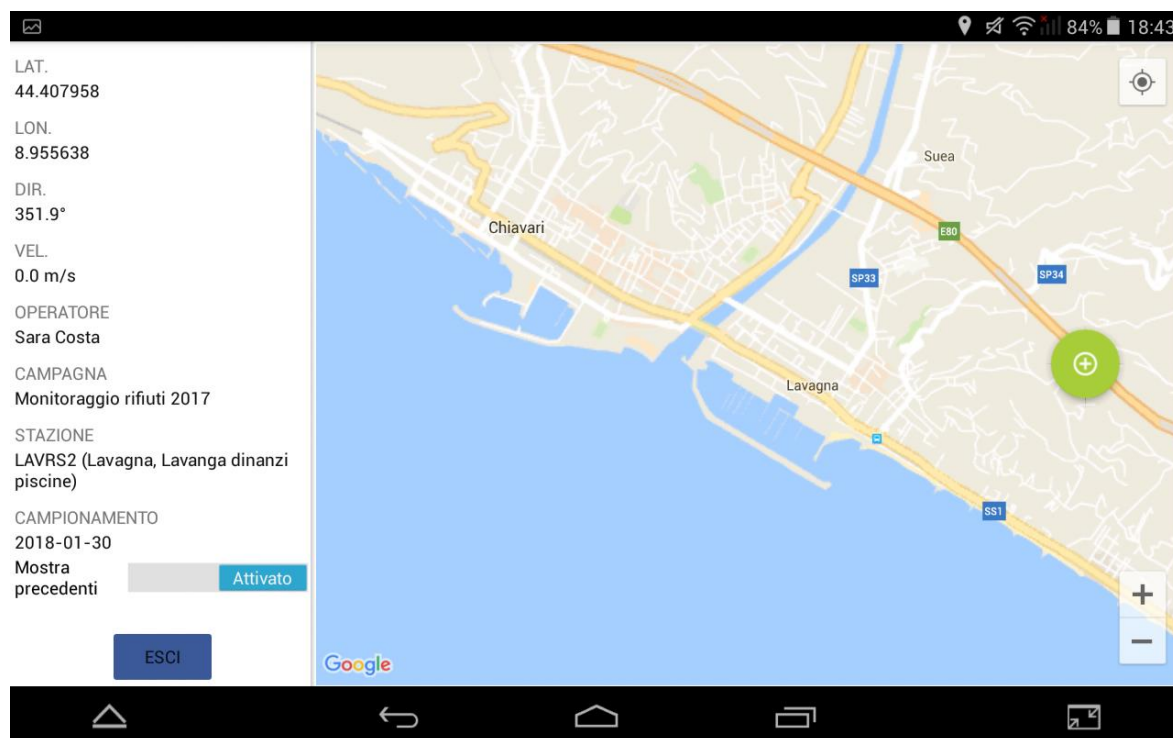


Figura 54: schermata dell'area di lavoro dell'App dove a sinistra sono visibili i dati di riepilogo e destra la mappa con la posizione dell'operatore rilevata con il GPS.

6. selezionare dal menù a tendina “rifiuto” la categoria e la sottocategoria con eventuale immagine esplicativa, ed inserire il numero di rifiuti conteggiati, l’origine e se il rifiuto viene rimosso (Fig.55).

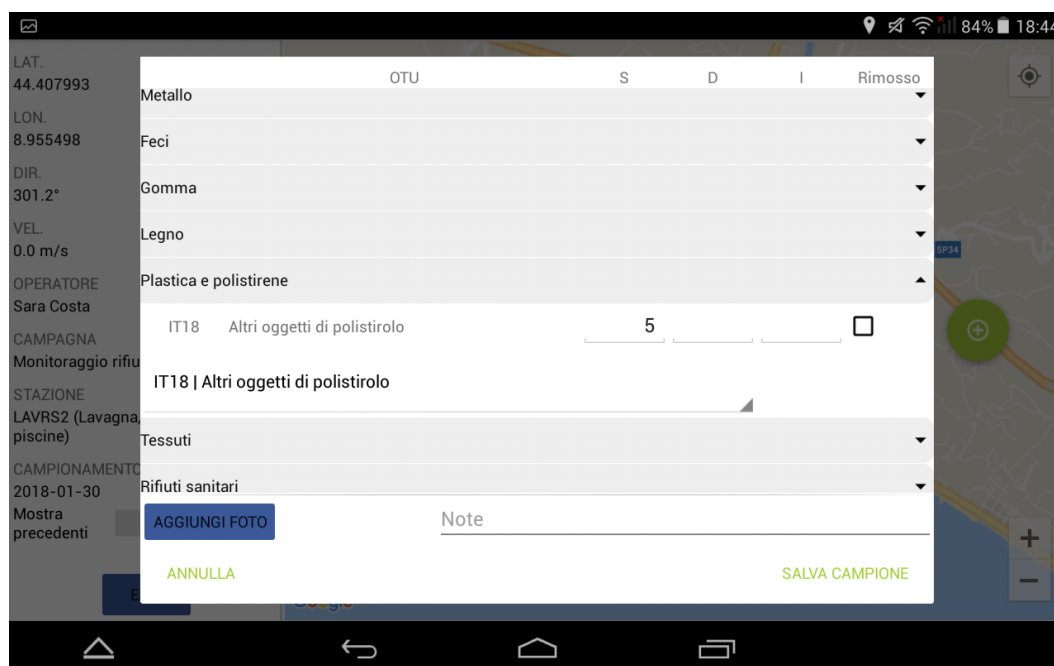


Figura 55: schermata dell’area di lavoro dell’App dove a sinistra sono visibili i dati di riepilogo e destra la mappa con la posizione dell’operatore rilevata con il GPS.

7. scattare una o più foto (georeferenziate in automatico al momento dello scatto) ai rifiuti rinvenuti posizionandovi accanto una moneta da due euro e facendola coincidere con il cerchio che appare sullo schermo del tablet (Fig. 56), al fine di mantenere un rapporto di scala noto e costante che permetta di poter valutare le dimensioni reali di ogni singolo rifiuto;

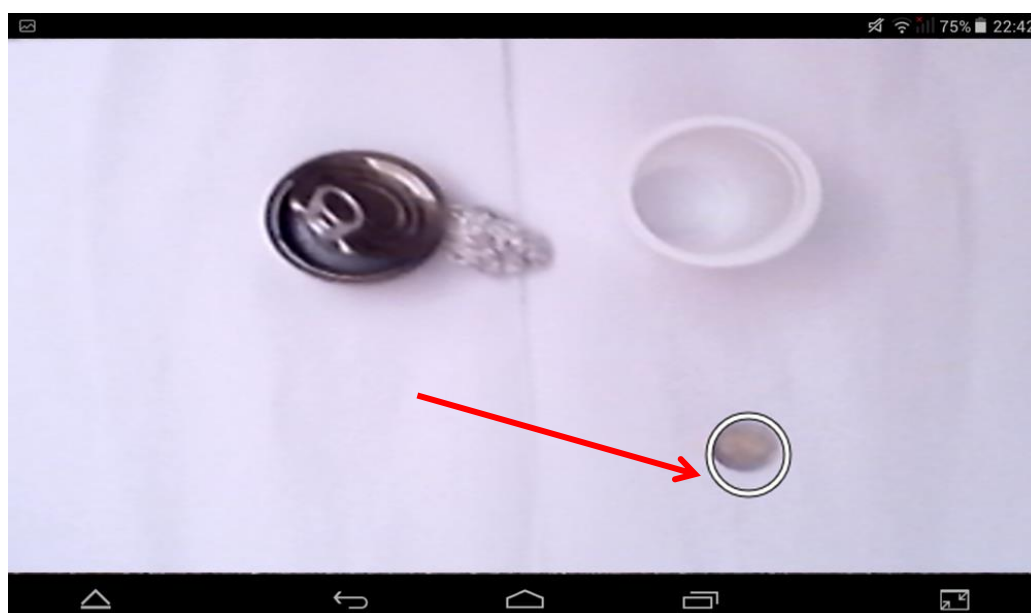


Figura 56: schermata dell’area di lavoro dell’App

8. dopo avere eseguito tutti i passaggi precedenti salvare i dati cliccando sul pulsante “salva campione”;
9. appena ha segnale di rete, inviare i dati al server.

Per verificare il corretto funzionamento dell'applicazione sviluppata è stato effettuato un monitoraggio ad hoc nell'autunno 2017 che ha permesso di individuare alcuni piccoli banchi che sono stati immediatamente eliminati rendendo l'applicazione funzionante ed affidabile.

4.5.2.Implementazione del prototipo BIMBA per identificare le traiettorie dei rifiuti marini (WSN)

Al fine di studiare le vie di transito e le aree di accumulo dei rifiuti marini è stato costruito e testato un prototipo che ne simula il comportamento e che allo stesso tempo acquisisce e trasmette dati di posizione e dati chimico-fisici.

Implementazione del prototipo

La struttura prototipo è stata sviluppata in ABS (acrilonitrile-butadiene-stirene) al fine di renderla resistente, impermeabile all'acqua e trasparente ai segnali radio.

Il prototipo è stato realizzato con una forma cilindrica che è risultata la più idonea agli scopi preposti. All'interno del cilindro è stata posizionata la batteria e l'apparecchiatura elettronica al fine di proteggerla sia dagli urti sia dall'acqua.

Il volume del contenitore è stato calcolato in modo da mantenere un assetto positivo fuori dall'acqua pari a circa 5 cm, consentendo la trasmissione dei dati in remoto in qualsiasi condizione meteo-marina.

Il coperchio del cilindro è stato realizzato con un diametro maggiore del cilindro stesso in modo da poter realizzare, sulla parte esterna, 4 fori a cui agganciare rispettivamente 4 guaine resistenti in cui inserire i sensori per l'acquisizione dei parametri fisici (Temperatura, salinità, Ossigeno e pH) in modo da proteggerli dagli urti e allo stesso tempo consentirgli di essere immersi nell'acqua per poter effettuare correttamente le misure. Infine i cavi dei sensori sono stati fatti passare attraverso un foro realizzato al centro del coperchio della struttura per andare a collegarsi con la scheda elettronica e l'alimentazione poste all'interno (Fig. 57).

Sono stati effettuati numerosi test sul campo per verificare il corretto funzionamento del sistema realizzato. Le attività sono state suddivise in tre fasi differenti, effettuate durante 3 uscite in mare.



Figura 57: struttura prototipo

Nella prima fase la struttura è stata testata sull'imbarcazione in movimento, all'asciutto, per individuare eventuali problemi di invio dei dati. Nella seconda fase la struttura è stata calata in mare (Fig. 58), assicurandola all'imbarcazione con una corda, in modo da aumentare lo stress legato al trasporto forzato ed allo stesso tempo la capacità di invio dei dati in assetto di semi-immersione. Infine, nella terza fase, si è potuto testarla nella completezza della sua funzione, rilasciandola alla foce del torrente Entella. In questo caso il trasporto era legato solo alle correnti marine ed al moto ondoso e l'imbarcazione è servita unicamente per il recupero della struttura dopo averne testato l'efficienza in un dato tratto di mare per un certo tempo prestabilito.



Figura 58: test della struttura in mare

La struttura prototipo è risultata idonea allo scopo rispettando tutte le caratteristiche enunciate in premessa.

Modulo comunicazione dati

Al fine di poter trasmettere al server remoto in tempo reale i dati acquisiti dalla struttura (data, ora, posizione, temperatura, ossigeno, PH, conducibilità) è stato necessario sviluppare sia la componente hardware che software da inserire all'interno del prototipo.

Sviluppo hardware: In questa fase si è proceduto ad assemblare sia le shield di Arduino sia i circuiti di ogni singolo sensore e a realizzare il circuito elettrico necessario per il funzionamento di tutti gli elementi.

Alla scheda elettronica di base Arduino Mega 2560 sono stati collegati:

- il modulo GPS/GPRS/GSM Module V3.0 che contiene il GPS per acquisire i dati di posizione e lo slot per inserire la scheda sim necessaria all'invio dei dati via GPRS;
- la shield DATA-LOGGER dotata di SD in cui vengono memorizzati i dati raccolti al fine di evitarne la perdita nel caso in cui dovesse mancare il segnale di rete e allo stesso tempo avere un completo back up di tutti i dati;
- I circuiti dei vari sensori tramite un supporto laterale;
- La shield clock con la funzione di unico orologio del sistema al fine di avere una sincronizzazione perfetta tra tutti gli elementi del sistema.

Di seguito si riporta lo schema dell'assemblaggio dei singoli elementi (Fig. 59):

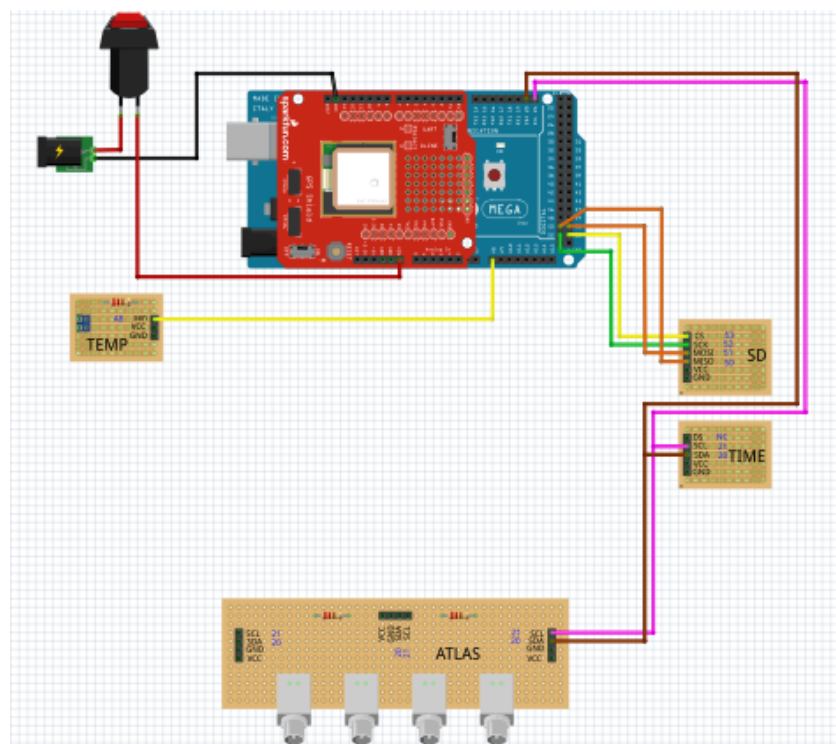


Figura 59: schema shield Arduino + sensori

Di seguito si riporta lo schema del circuito elettronico del sistema (Fig. 60):

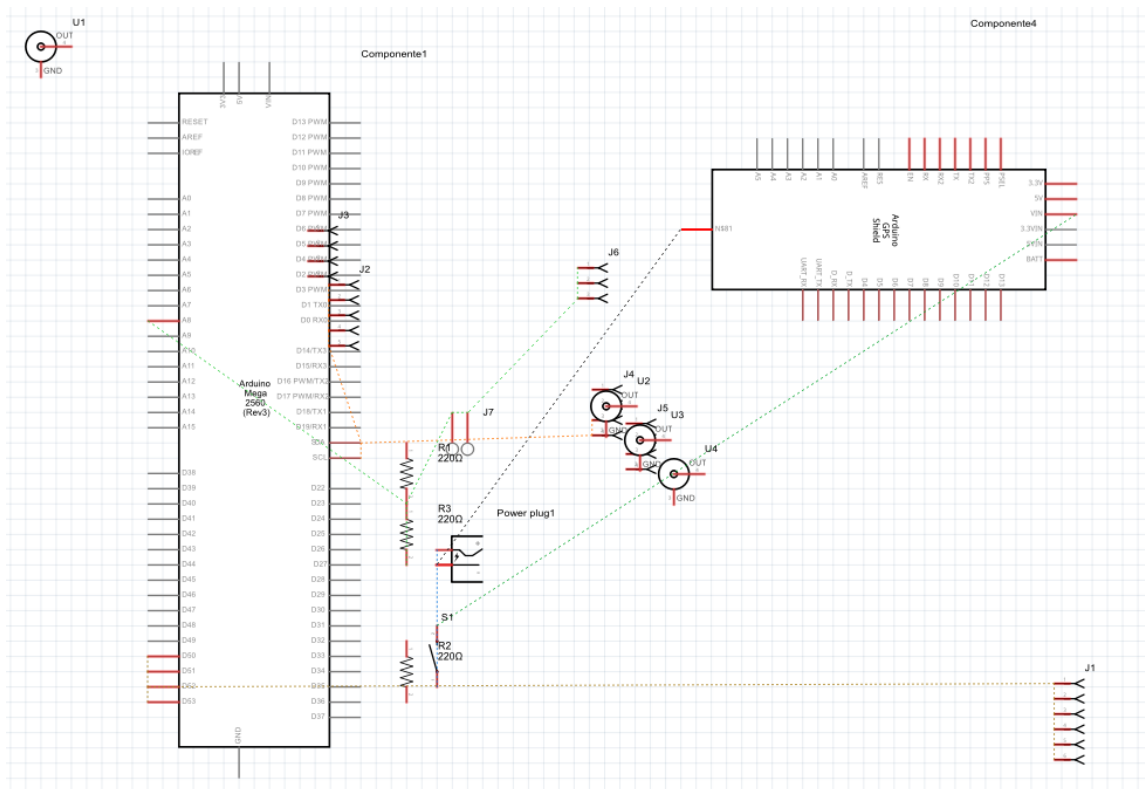


Figura 60: schema circuito elettronico

Di seguito si riporta lo schema del circuito stampato (Fig. 61):

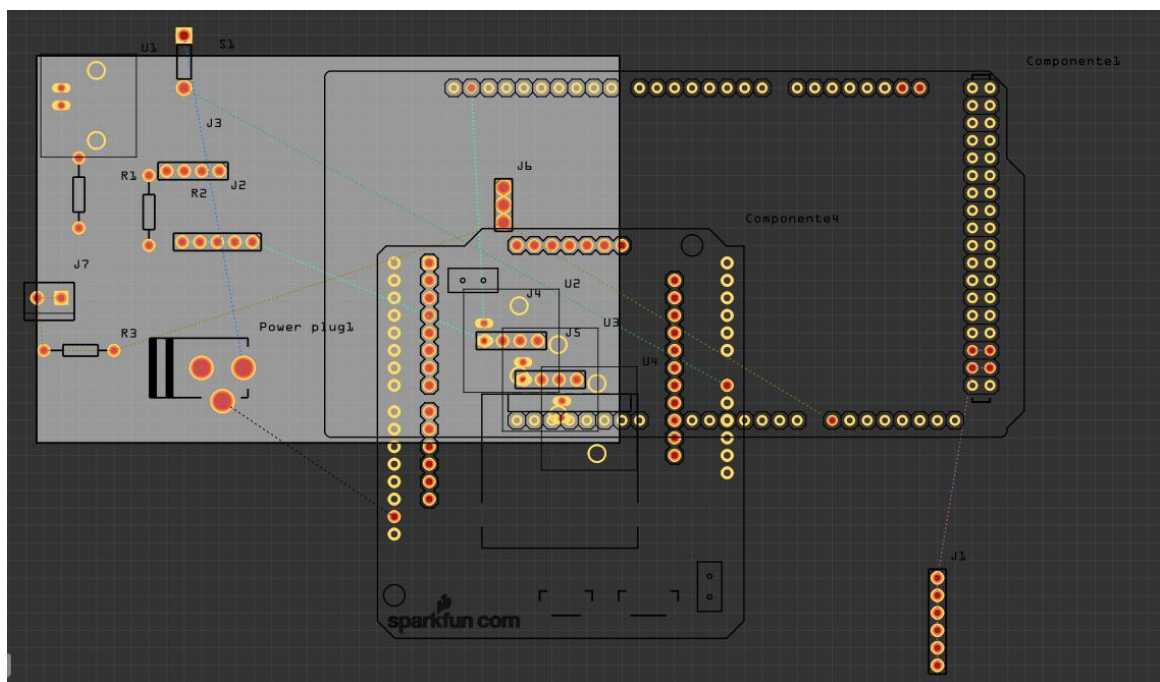


Figura 61: schema circuito stampato

Sviluppo software: Il software per la trasmissione dei dati in remoto in tempo reale sviluppato durante questo studio e realizzato in linguaggio Wired, esegue la procedura descritta di seguito:

- ogni secondo memorizza un dato di posizione.
- ogni 10 secondi acquisisce i dati dai sensori e li sincronizza con i dati di posizione utilizzando data e ora come campi di join.
- scrive un file di log con le coordinate geografiche e i dati fisici che memorizza su una SD Card formattata FAT16.
- invia al server via GPRS, ogni trenta secondi, un file di testo contenente le tutti i dati acquisiti dal dispositivo.
- Se il dispositivo perde il segnale GPRS, i dati acquisiti in assenza di segnale, ma salvati tramite la SD Card, vengono inviati al server immediatamente dopo il ripristino del segnale.

In appendice 9 si riporta il codice sviluppato.

4.5.3.Sviluppo database per l'informatizzazione e la gestione dinamica dei dati acquisiti

Per l'archiviazione e la gestione dei dati acquisiti è stato sviluppato un database relazionale con funzionalità spaziali utilizzando Postgresql/Postgis.

Il geodatabase relazionale implementato è basato sul modello Entità – Relazione.

Le entità che costituiscono il modello dati in uso sono:

STAZIONE: latitudine e longitudine e nome del sito di campionamento.

CAMPIONAMENTO: giorno dell'anno solare in cui si è svolta l'azione di campionamento (caratterizzato da una data).

PUNTI ROTTA: nome della bio-ball e relative coordinate GPS (raw data) acquisite durante il suo spostamento.

CAMPIONE: ora del giorno in cui si è svolta l'azione di campionamento (caratterizzata da una data-ora) e coordinate di misura.

DATI CAMPIONE: misura del parametro oggetto di indagine.

La relazione ovvero il legame concettuale tra queste entità è così organizzato (modello relazionale dei dati) (Fig.62).

Questo database è stato strutturato in modo da ricevere sia i dati raccolti sul campo tramite l'app sia i dati acquisiti dal prototipo.

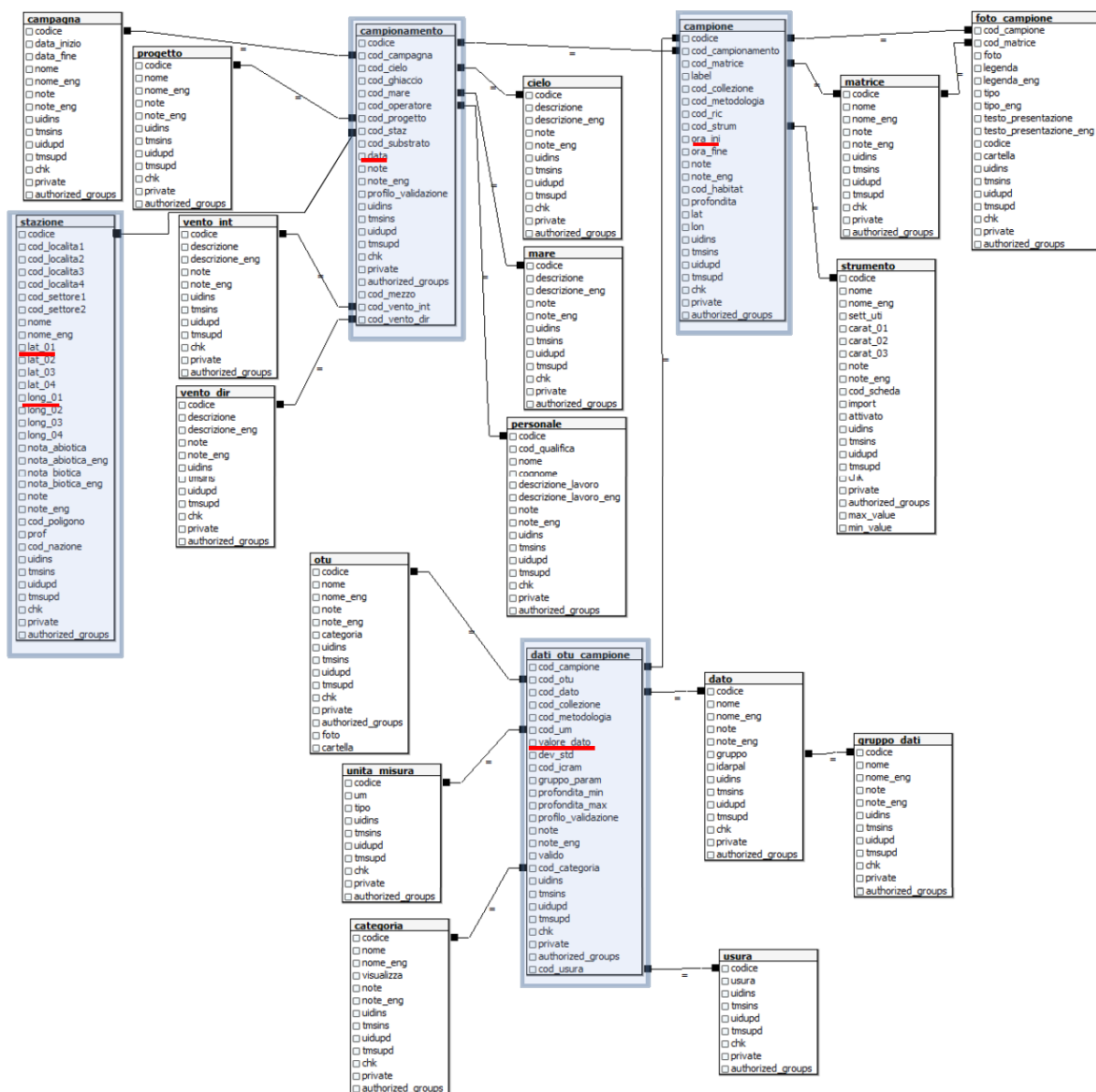


Figura 62: schema database

I dati in una prima fase vengono immagazzinati nel server come file di testo e successivamente inseriti nel database tramite una procedura automatizzata che viene avviata ogni due minuti grazie ad un crontab scritto in bash.

Grazie all'installazione ed allo sviluppo del programma GeoKettle è stato possibile realizzare una procedura ETL che permette di importare e smistare correttamente nelle varie tabelle del database le stringhe dati che arrivano in continuo ed in real time. La procedura di importazione prevede anche il settaggio di opportune soglie di validazione del dato in ingresso. Queste soglie possono essere personalizzate direttamente per ogni singola variabile. Questo sistema permette quindi all'utente

di validare i dati in ingresso durante l'importazione senza dovere compiere nessun controllo del dato in maniera manuale prima dell' inserimento.

Successivamente la procedura automatica sposta le suddette stringhe dati dal file di testo per salvarle in una cartella di archivio.

In questo modo si evita che nella lettura successiva vengano importati dati duplicati e si ottiene una copia di backup di sicurezza di tutti i dati. I dati così archiviati nel database, tramite il linguaggio SQL ed utilizzando le funzioni spaziali di PostGIS, vengono elaborati al fine di restituire mappe e grafici dinamici personalizzati.

4.5.4.Sviluppo di soluzioni web per l'elaborazione spazio temporale dei dati

Il nuovo sistema tecnologico permette tramite lo sviluppo di un software WebGIS e servizi WPS di effettuare elaborazioni spazio temporali dei dati tramite la visualizzazione di mappe e grafici.

Sistema WebGIS

La cartografia ed i dati acquisiti possono essere agevolmente visualizzati accedendo all'interfaccia cartografica raggiungibile dall'apposita sezione del portale che verrà illustrato più avanti.

Il database cartografico è stato in parte costruito partendo da mappe precedentemente digitalizzate ed elaborate, ma anche da file appositamente creati mediante programmi come AutoCad, Qgis, gvSIG e GRASS. Una volta creati questi file sono stati caricati nel geodatabase.

Mediante l'interfaccia author del GisClient è stata creata una connessione al database contenente le geometrie, in modo da organizzarle in temi, tematizzarle con stili differenti ed elaborarle attraverso la definizione di modelli di ricerca. Queste operazioni permettono di visualizzare le mappe definite mediante la componente viewer del GisClient.

Nell'interfaccia grafica è presente un menù di navigazione, contenente i diversi temi definiti visualizzabili in base alle necessità di lavoro:

- Cartografia di base (Fig. 63): è il tema che contiene tutte le informazioni geopolitiche di base quali i confini comunali, l'idrografia, le linee batimetriche e, dove effettuati, i rilievi batimetrici in 3D.

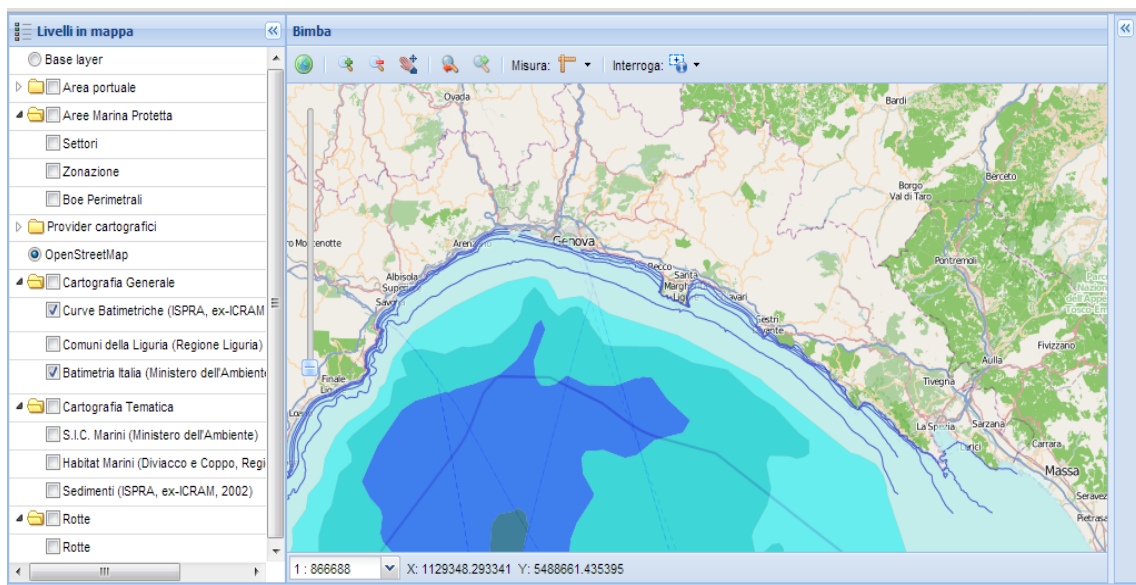


Figura 63: layer di base dei limiti amministrativi

- **Area Marina Protetta (Fig. 64):** è il tema che contiene tutte le informazioni ad essa strettamente legate. Questo tema è articolato in tre layers :
 - **Boe perimetrali:** rappresenta la posizione delle boe di perimetrazione della AMP/ATM per mezzo di cerchi gialli.
 - **Zonazione:** rappresenta la divisione in zone (A, B, C) delle Aree Marine Protette con diverse gradazioni di blu a seconda del grado di protezione. Ad una tonalità più scura corrisponde un livello di protezione maggiore.
 - **Settori:** rappresenta la suddivisione in settori delle AMP utilizzati per il monitoraggio dell'impatto della nautica da diporto.

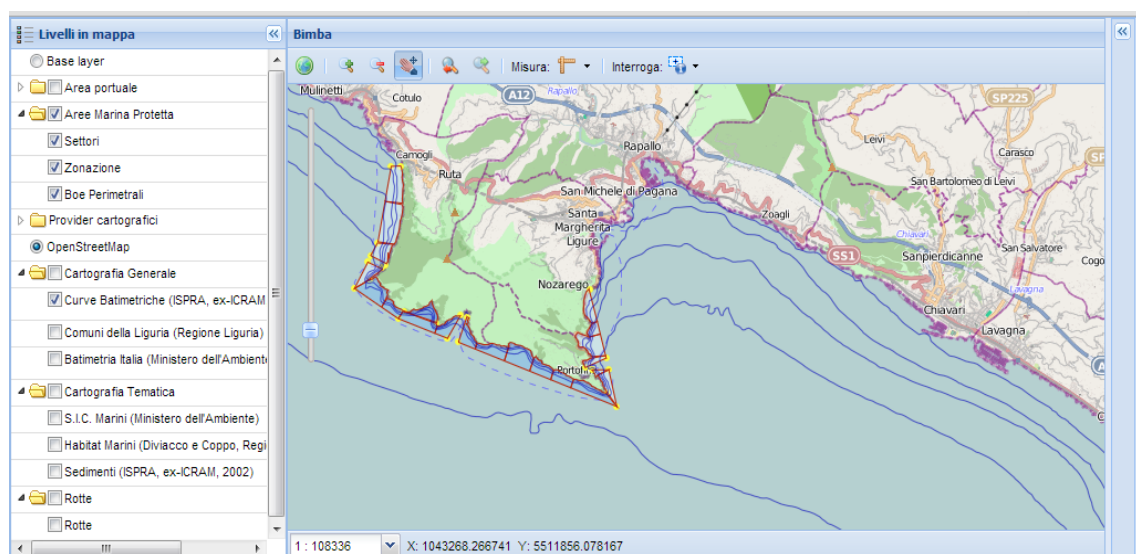


Figura 64: layer informazioni Aree Marine Protette

- Carte tematiche (Fig. 65): contengono la cartografia degli habitat marini di Coppo e Diviaco-Regione Liguria e la carta dei sedimenti di ICRAM.

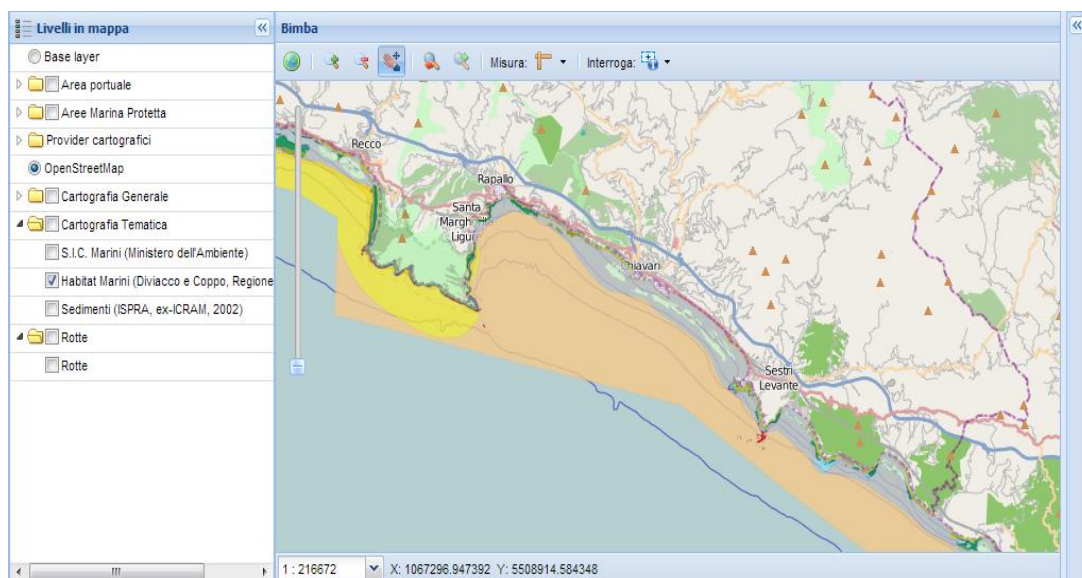


Figura 65: layer informazioni carte tematiche su habitat e sedimenti marini

Ad ogni layer è stata associata una legenda, che viene automaticamente attivata e visualizzata nel momento in cui viene acceso il layer stesso.

Alcuni layer nel menu possono risultare grigi e in quello stato non sono selezionabili; il sistema impedisce all'utente di accendere un layer ad una scala più piccola di quella ottimale per la visualizzazione. Una volta raggiunta una scala maggiore il layer sarà automaticamente reso nuovamente attivabile.

L'utilizzo di query attraverso il linguaggio SQL permette di estrarre informazioni direttamente da tutto il geodatabase o solo dal tema rappresentato. I risultati delle ricerche possono essere visualizzati o come elenco in un'apposita sezione o come tabella in una finestra di visualizzazione apposita; entrambe le modalità permettono di esportare i dati in file pdf o excel. Ogni volta che vengono visualizzati i risultati di una ricerca automaticamente il record geometrico relativo viene evidenziato.

In questo modo sono stati creati diversi modelli di ricerca legati agli aspetti di maggiore interesse progettuale (dati acquisiti dal prototipo e dati sulla densità dei rifiuti monitorati) al fine di facilitare la fruizione da parte dell'utente finale:

- Ricerca rotte (Fig 66): selezionando da un menù a tendina un arco temporale, è possibile visualizzare il/i percorso/i effettuato/i dal prototipo e i valori dei dati acquisiti interrogando ogni punto evidenziato lungo il tracciato (acquisiti durante le uscite di prova).

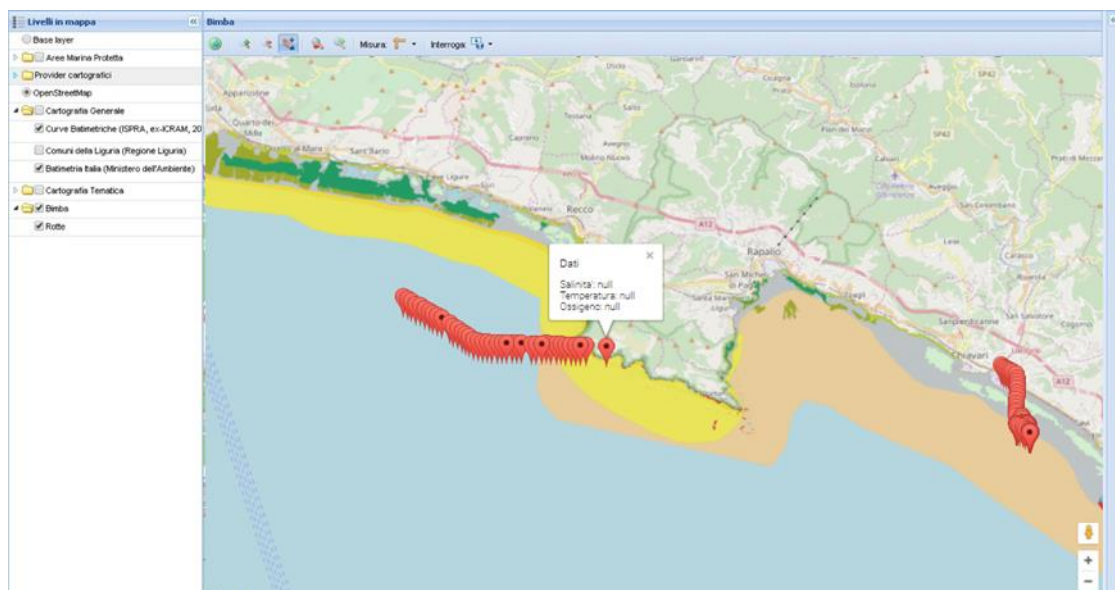


Figura 66: mappa di ricerca dati prototipo

- Ricerca indice di pulizia delle spiagge (Fig. 67): selezionando da un menù a tendina un arco temporale, è possibile visualizzare la classe di qualità, calcolata tramite l'indice CCI, rappresentata da una scala di colori che va da azzurro per le spiagge molto pulite al rosso per le spiagge molto sporche.

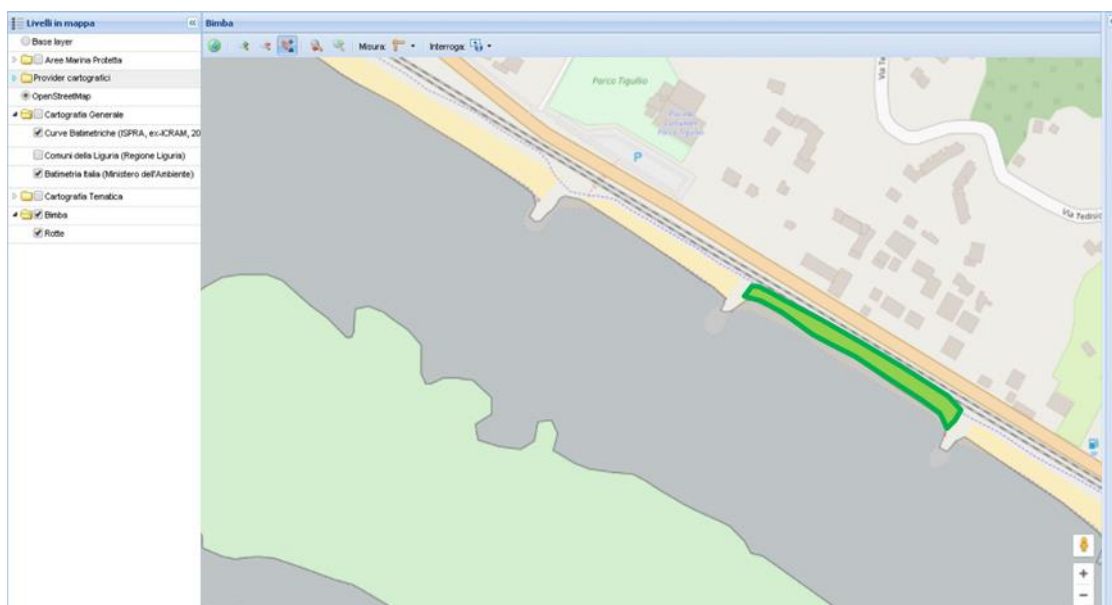


Figura 67: mappa di ricerca CCI

Elaborazione spaziale dei dati tramite lo sviluppo di servizi di interpolazione dati WPS

I dati acquisiti dai sensori montati sul prototipo oltre a fornire informazioni puntuali sulla caratteristica fisico-chimica della superficie della colonna d'acqua, una volta inviati al server, possono essere utilizzati per elaborare in tempo reale delle mappe di interpolazione dei diversi parametri.

Il servizio WPS (Schut, 2007) implementato si basa sulla configurazione scritta nel file `GetRasterKrige.zcfg` (vedi Appendice) che consente al server Zoo (Fenoy et al., 2012) di eseguire un determinato processo. All'interno di questo file sono definite le informazioni che descrivono il servizio (metadati), il nome e il tipo di dati in input che il servizio richiede (dataset e risoluzione) e in output (messaggio di output) ed il percorso al file Python, `GetRasterKrige.py` (vedi Appendice), che esegue realmente il processo. Questo file python si occupa di caricare le librerie necessarie al servizio, di preparare Location/Mapset di lavoro del software GRASS e di lanciare il software statistico R passandogli i dati necessari. Lo script di R (`Kriging_grass.R`, vedi Appendice) si occupa di eseguire l'analisi kriging vera e propria, interpolando i dati di input in base all'estensione e alla risoluzione della location di GRASS; i risultati vengono salvati nella location stessa o come immagini (jpeg) in una cartella di sistema. L'interpolazione dei dati mediante il servizio `GetRasterKrige` (WPS – Kriging) viene effettuata a partire da una griglia irregolare di punti-stazione (Fig. 68) raccolti all'interno dell'area di lavoro. La griglia dei punti e l'area, in formato shapefile, possono essere inviate al servizio come input. Nel file dei punti ad ogni posizione deve essere associato un valore della variabile da interpolare secondo il generico schema (latitudine, longitudine, valore): il servizio non tiene conto della profondità in quanto assume che i valori in input siano stati raccolti/organizzati per strato (profondità fissata).

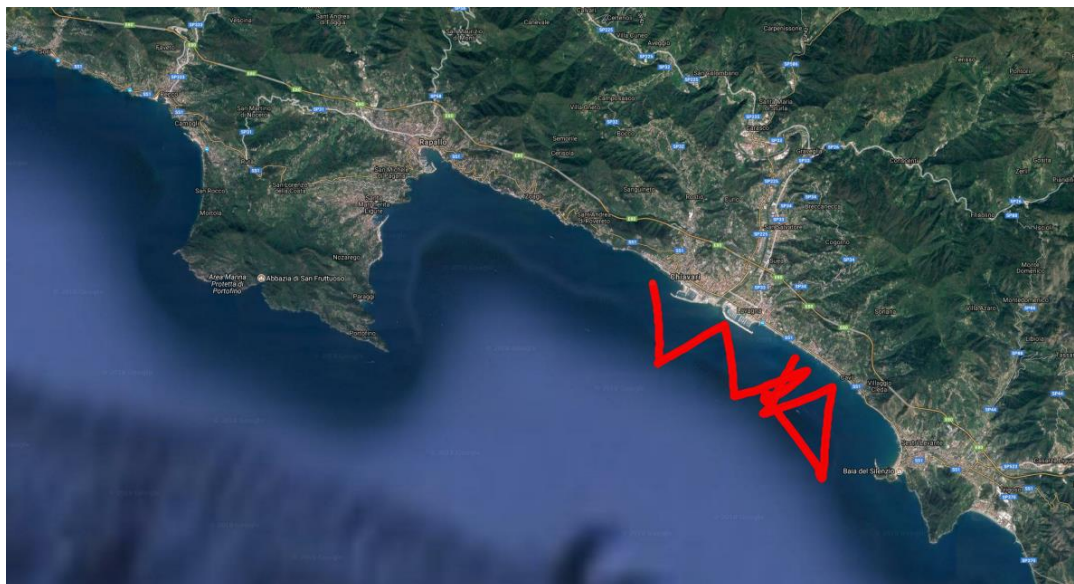


Figura 68: griglia irregolare di punti-stazione nel golfo del Tigullio. Dati di temperatura superficiale.

Le chiamate disponibili per il servizio WPS implementato sono:

#WPS – GetCapabilities

http://localhost/cgi-bin/zoo_loader.cgi/?Service=WPS&Request=Getcapabilities

#WPS - Describe Process

http://localhost/cgi-

bin/zoo_loader.cgi/?Service=WPS&Request=DescribeProcess&Version=1.0.0&Identifier=GetRasterKriging

#WPS - Execute

http://localhost/cgi

bin/zoo_loader.cgi/?Service=WPS&Request=Execute&Version=1.0.0&Identifier=GetRasterKriging&DataInputs=dataset

Per ogni elaborazione vengono prodotti tre risultati:

• Il variogramma sperimentale (Fig. 69) adotta il metodo dei minimi quadrati ordinari (Ordinary Least Square-OLS) basato sulla minimizzazione della funzione ausiliaria:

- Il variogramma sperimentale (Fig. 69) adotta il metodo dei minimi quadrati ordinari (Ordinary Least Square-OLS) basato sulla minimizzazione della funzione ausiliaria:

$$\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i)^2$$

L'OLS è uno stimatore BLUE, Best Linear Unbiased Estimator, (conosciuto in italiano come miglior stimatore lineare corretto), cioè uno stimatore a varianza minima.

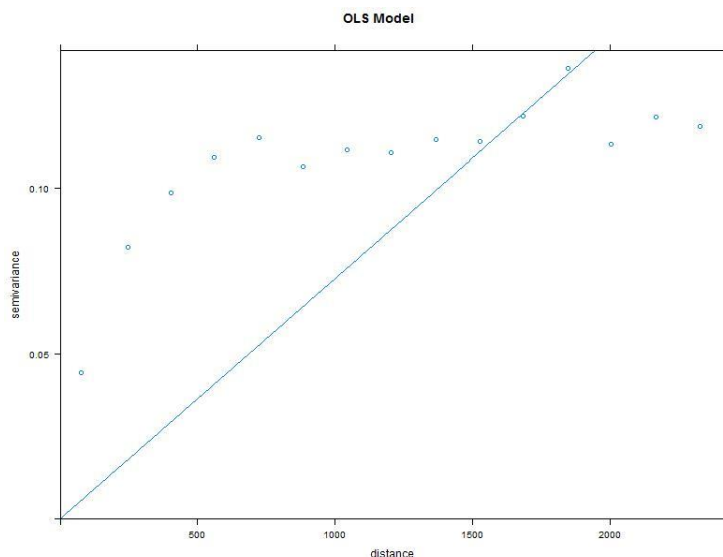


Figura 69: semi - variogramma sperimentale prodotto dal servizio WPS.

- la mappa di interpolazione con Ordinary Kriging fornisce una mappa di distribuzione della temperatura nel golfo del Tigullio. A partire da 100 punti stazione e utilizzando una maschera del promontorio di Portofino, formata da 317x 637 celle, con una risoluzione di 10m, il risultato (Fig. 70) è fornito dopo un tempo di esecuzione di 10 secondi.

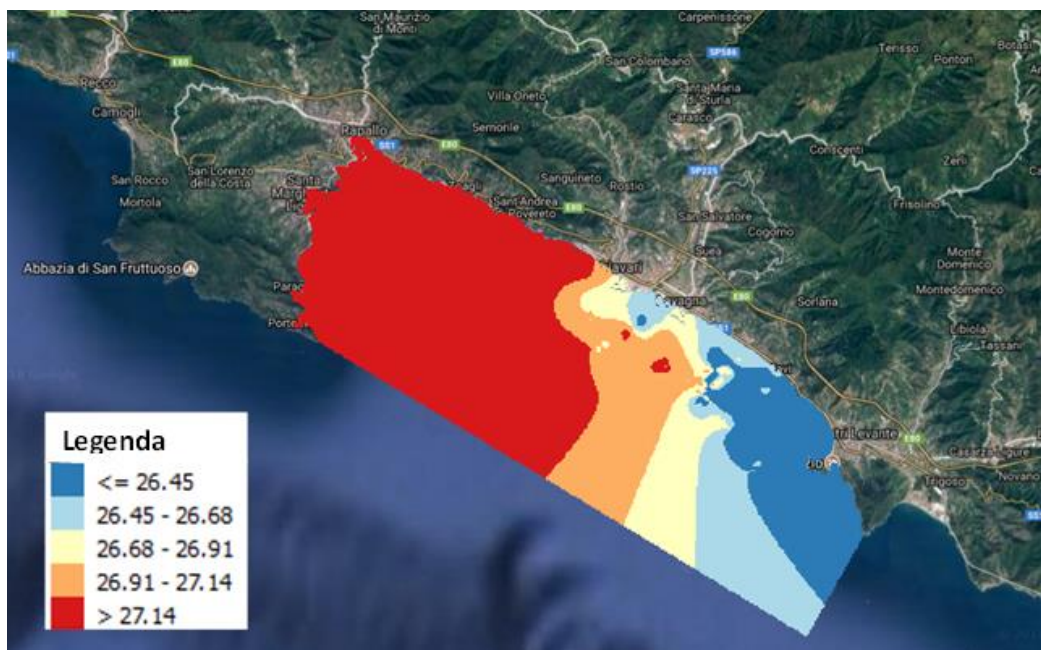


Figura 70: mappa di distribuzione della temperatura superficiale nel golfo del Tigullio

- la mappa degli errori o cross-validazione: è una procedura che verifica la compatibilità tra un set di dati ed il loro modello. Ogni dato campionato (campione) viene estratto a turno, assumendolo come dato mancante e si effettua la stima con il restante insieme di campione. Per ogni campione abbiamo il valore vero, il valore stimato e la varianza della stima. I valori stimati tramite kriging e i valori reali vengono paragonati: la differenza tra questi due valori è il residuo della cross-validazione (Fig.71) (Guastaldi 2006). Minore è la distanza dal punto campionato, minore è l'errore della stima fatta sul dato.

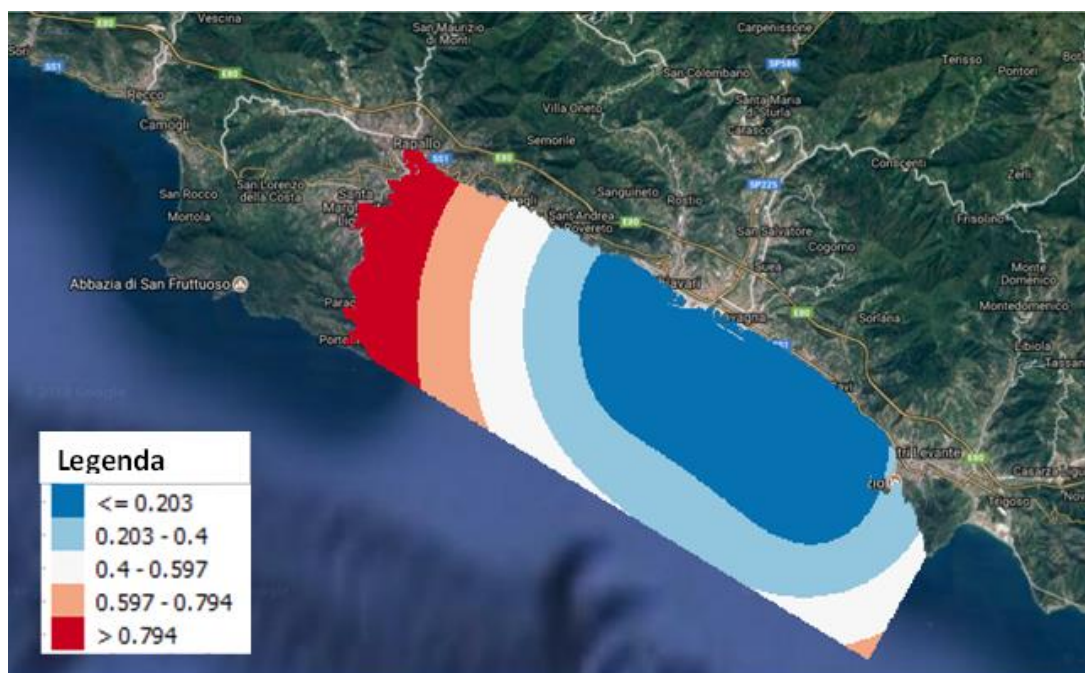


Figura 71: mappa degli errori riferita ai dati di distribuzione della variabile temperatura superficiale nel golfo del Tigullio.

Analisi e grafici dinamici

Oltre alla creazione di software WebGIS e servizi WPS, in questo sistema sono stati implementati nel server anche i software R e HTSQL e i relativi script (Codice sviluppato), necessari per poter permettere all'utente di effettuare le elaborazioni statistiche e grafiche scelte tramite il sistema di monitoraggio classico ed effettuate dalla strumentazione sviluppata (Fig. 72).

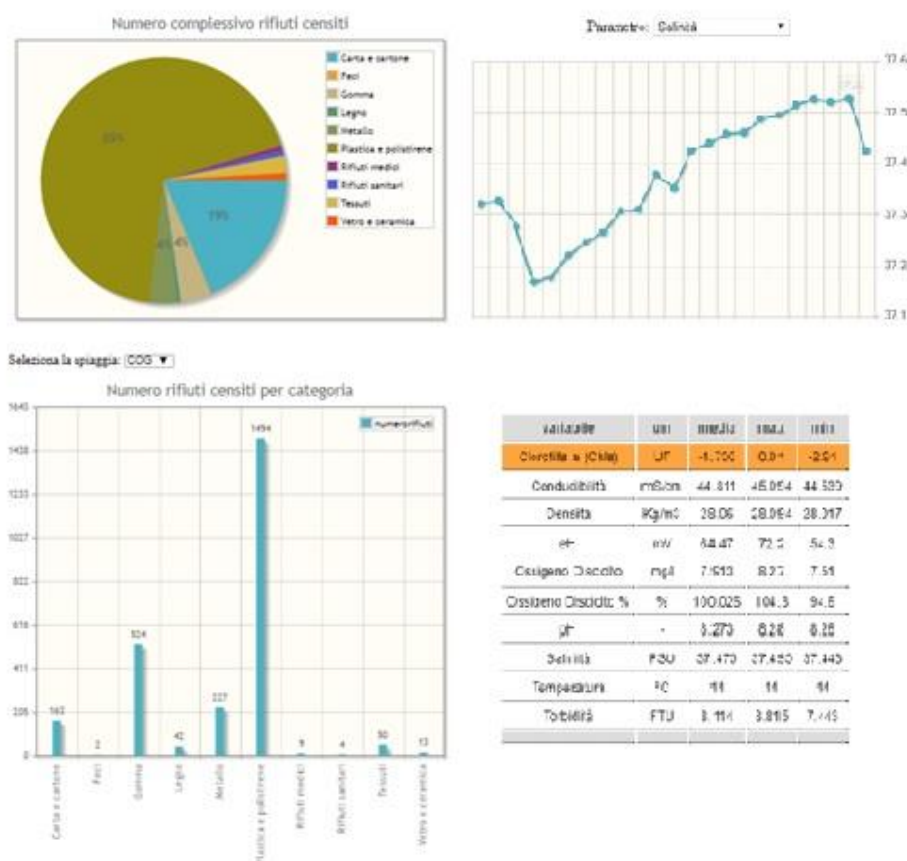


Figura 72: esempio outputs grafici disponibili

I dati vengono aggiornati in tempo reale, inoltre sulla base di filtri selezionati dagli utenti è possibile estrarre i grafici e risultati statistici in maniera semplice e dinamica, senza installare alcun software sul proprio PC e senza conoscerne il funzionamento.

4.5.5. Sito web per la divulgazione ed elaborazione dei dati

Il portale nasce con l'obiettivo non solo di essere fonte di informazione, ma anche strumento decisionale per una gestione coordinata a livello regionale della problematica dei rifiuti marini.

Il portale è stato sviluppato con il fine di fondere facilità di utilizzo, profondità di impiego e un largo spettro d'azione su vari fronti. Le sezioni del portale sono suddivise in modo chiaro e facilmente raggiungibili tramite un menu posto sotto

l'header. E' stata scelta una veste grafica sobria ma allo stesso tempo funzionale, in grado cioè di essere accessibile a tutti senza particolari sforzi interpretativi. Attualmente il portale accessibile all'indirizzo www.bimba.macisteweb.com è costituito da 7 sezioni: home, chi siamo, il progetto, Web-GIS, Analisi dati, Mobile App, notizie ed eventi (Fig. 73).



Figura 73: Portale di accesso alle informazioni e ai dati del progetto di dottorato

Nella homepage sono riportate le motivazioni che hanno portato allo sviluppo di questo lavoro nonché gli ambiti progettuali in cui è stato sviluppato. La sezione “Il progetto” contiene la descrizione del progetto e dei suoi obiettivi; la sezione “chi siamo” contiene una descrizione degli enti coinvolti alla realizzazione del progetto e il ruolo di ognuno di essi. La sezione notizie ed eventi contiene news ed eventi sull'avanzamento del progetto e/o su eventuali informazioni correlate ad esso. Il cuore del progetto, quello che va a costituire il fulcro dello strumento decisionale fornito da questo sistema, è la sezione cartografica. Questa sezione rende pubblica via internet una cartografia completa e dettagliata della Liguria, avvalendosi dell'applicazione WebGIS implementata. Quello che rende davvero potente questo sistema, è la possibilità di mettere in relazione dati numerici e qualitativi, come quelli derivanti dagli studi e dai monitoraggi effettuati con le informazioni spaziali. E' possibile accedere alla cartografia con un apposito link “Accedi alla cartografia completa” che permette una veduta a più ampio respiro della situazione dell'intero ecosistema marino, integrando i dati raccolti dal prototipo e dai monitoraggi dei rifiuti sulle spiagge con tutte le informazioni disponibili comprese quelle derivate dalle AMP e dall'impianto di itticoltura offshore

AQUA. Inoltre sempre in questa sezione sono stati creati due link, il primo collegato alla mappa del tracciato e ai dati acquisiti dal prototipo (Fig.74) e il secondo collegato alle mappe tematiche relative al calcolo della densità dei rifiuti e alla classificazione di qualità delle spiagge monitorate in Liguria (Fig.75).

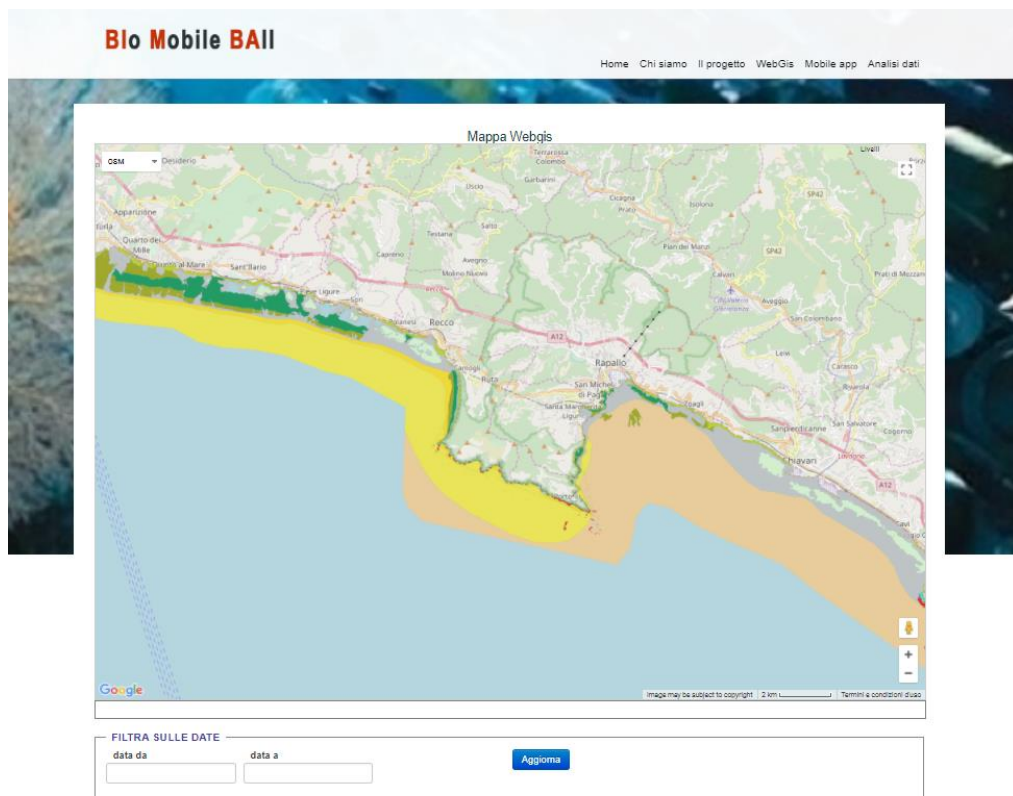


Figura 74: Accesso dal portale alle mappe del prototipo

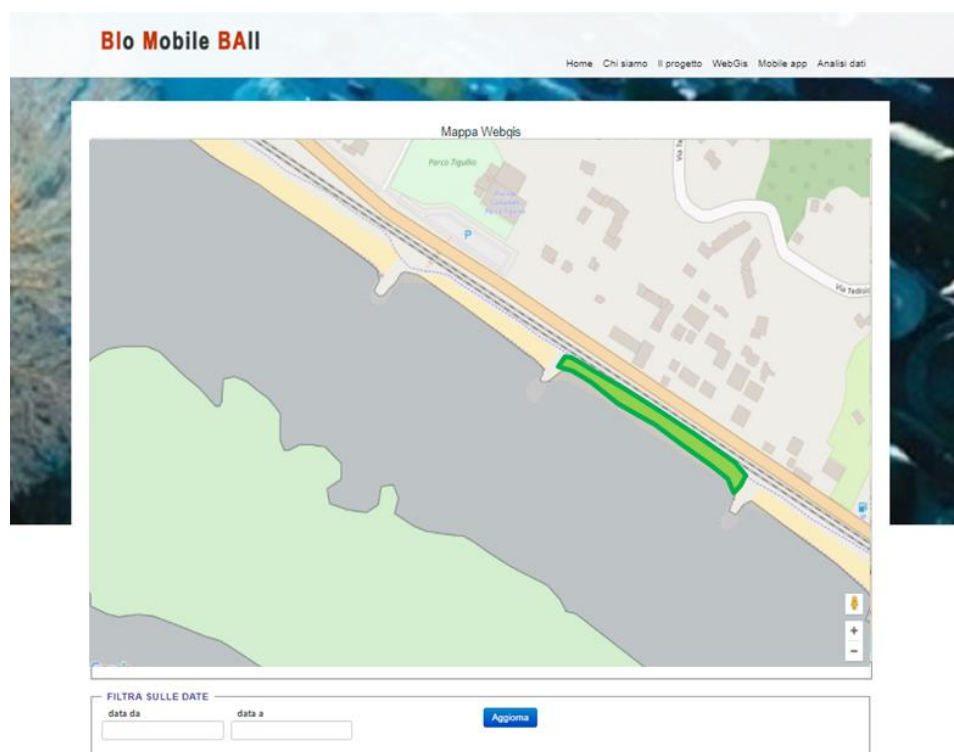


Figura 75: Accesso dal portale alle mappe di classificazione delle spiagge in base al CCI

Nella sezione “Analisi dati” grazie al prodotto Plomino è stato possibile creare modulistica on line sul tema dei rifiuti al fine di coinvolgere e raccogliere utili informazioni anche dal pubblico (“Citizen Science”). I dati sono stati resi disponibili utilizzando HTSQL/HTRAF mediante una reportistica grafica dinamica evoluta e graficamente accattivante e semplice. Sempre in questa sezione sono stati creati due link, il primo collegato alle analisi statistiche (Fig. 76) e il secondo ai servizi di elaborazioni grafica (Fig.77) .

Inoltre sempre in questa sezione è stata resa disponibile direttamente l’accesso ai grafici e alle analisi statistiche dei dati scelti tramite i filtri selezionati dall’utente.

Nella sezione Mobile App è stato reso disponibile il download dell’applicazione sviluppata di cui si spiegherà più avanti il funzionamento. Attualmente infatti è di fondamentale importanza per questo tipo di progetti, rimanere al passo con le tecnologie maggiormente utilizzate, in modo da coinvolgere un sempre maggior numero di utenti.

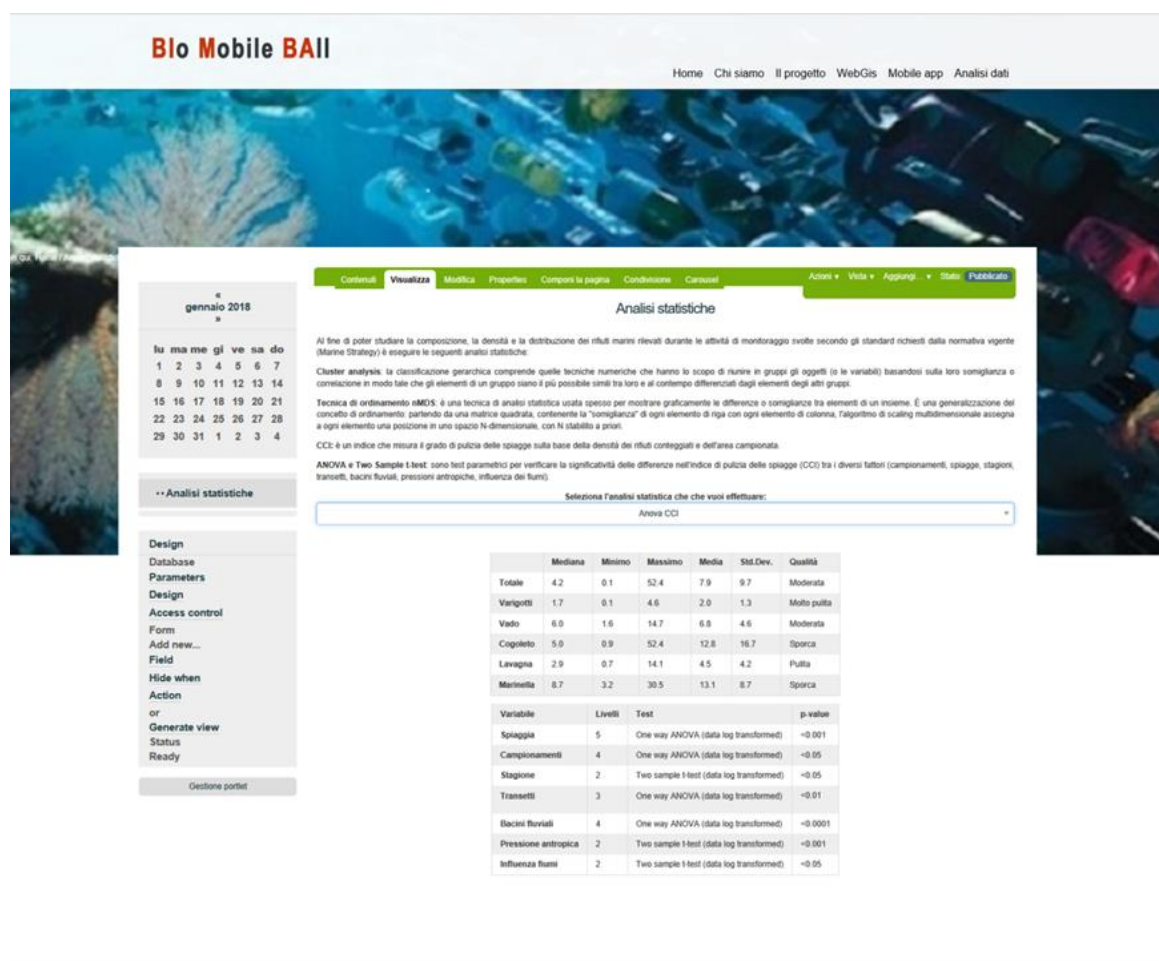


Figura 76: Accesso dal portale alle analisi grafiche dei dati



Figura 77: Accesso dal portale alle analisi statistiche dei dati

5. DISCUSSIONE

5.1. DALLE VECCHIE ALLE NUOVE TECNOLOGIE A SUPPORTO DEL MONITORAGGIO

Il termine “tecnologia” ha assunto nel tempo connotazioni e significati diversi a seconda delle epoche in cui veniva usato. Nato per definire alcune arti umane, ha assunto poi connotazioni positive o negative al mutare del modo e del contesto in cui veniva utilizzato.

Marshall McLuhan in “Gli strumenti del comunicare” offre una rappresentazione dell'evoluzione tecnologica come progressiva estensione del corpo umano, ed utilizza una definizione della tecnologia come modo di tradurre un sistema di conoscenza in un altro (McLuhan, 1990).

La stessa scrittura è una forma di tecnologia atta ad estendere nel tempo e nello spazio le conoscenze umane. La tecnologia oggi è sempre qualcosa che nasce dall'uomo per fornire un'estensione delle sue possibilità di svolgere alcuni compiti in maniera estesa, veloce, accurata ed economicamente vantaggiosa. In questo lavoro di dottorato viene fornito un chiaro esempio di come la tecnologia informatica possa supportare concretamente vari fattori decisivi per una raccolta di dati sul campo e la loro successiva analisi. Con le nuove strumentazioni come smartphone e tablet e la possibilità di usare app create da personale specializzato ma facilmente utilizzabili da tutti, non solo è possibile raccogliere i dati secondo le direttive vigenti, ma come emerge dal presente studio, anche ottenere già sul campo l'analisi degli stessi e in tempo reale. La raccolta dati ne giova perché anziché usare la carta si possono usare form semplici e veloci, che peraltro sono in grado di avvertire istantaneamente in caso di inserimento errato, grazie a sistemi integrati di feedback che guidano le operazioni dell'utente (cosa che sulla carta non avviene, con seguente potenziale invalidamento e perdita del dato stesso). L'operatore non è più quindi colui che raccoglie i dati sul campo per poi mandarli successivamente e con tempi dilatati al ricercatore che ne eseguirà le analisi mediante software a volte complessi, ma è direttamente chi raccoglie il dato che può avere subito in mano, in pochi secondi, tutti i risultati. Grazie alla connettività della rete è inoltre possibile inviare subito dati e risultati ad un ente centrale che li raccoglie in ogni istante da luoghi differenti sul territorio. Questo ultimo punto riguarda un altro importante aspetto di questa innovazione: la

possibilità di usare meno personale altamente specializzato sul campo, con un sensibile risparmio in termini economici.

Fatta infatti eccezione per la formazione di base di uso di smartphone/tablet (ormai di uso comune) e dell'app sviluppata, non è più l'uomo che con le sue conoscenze specialistiche guida la sua mano su fogli di carta, ma è la tecnologia stessa che guida l'operatore nelle operazioni di inserimento dati e restituzione dei risultati.

La possibilità di inviare meno operatori specializzati rispetto al passato, riduce drasticamente i costi orari delle operazioni di rilevamento del dato. Inoltre, proprio poiché è l'app ad eseguire autonomamente in locale o in remoto, le analisi, non sono necessari operatori ex-situ che si debbano occupare della fase di analisi, con conseguente ulteriore riduzione dei costi di ricerca.

La possibilità di usare personale non specializzato (compreso il cittadino che si interessa dell'ambiente e dell'impatto dell'uomo su di esso coinvolto in campagne di "citizen science") permette di ottenere una mole di dati per unità di spazio e di tempo inimmaginabile prima dello sviluppo di questo sistema. Uno studio condotto sui rifiuti marini delle spiagge dell'arcipelago delle Svalbard, ad esempio, ha evidenziato il potenziale degli "scienziati cittadini" di fornire dati scientificamente validi sull'inquinamento di ecosistemi remoti sensibili (Bergmann N., 2017). così come in Inghilterra l'impiego di volontari coinvolti in progetti di "citizen science" ha permesso una mappatura dei rifiuti nelle coste britanniche lungo una scala temporale di 10 anni. Il coinvolgimento dei privati cittadini inoltre, permette di far crescere una coscienza su molte tematiche ambientali di estrema attualità e nel lungo periodo favorisce cambiamenti nei comportamenti e negli stili di vita che effettivamente riducano gli impatti dell'uomo sull'ambiente (Nelms et al. 2017).

Il fine del monitoraggio ambientale non è solo la produzione di dati e indicatori affidabili, ma anche la loro diffusione: a nulla servirebbero i risultati dei rilievi se essi non fossero comunicati ai valutatori ambientali, ai pianificatori, ai tecnici, agli amministratori del territorio, ai cittadini. I sistemi informativi geografici soprattutto potrebbero sostenere la partecipazione sociale in materia di ambiente. Oggi gli utenti tipici di un sistema di monitoraggio normalmente sono gli esperti e gli analisti che sfruttano dati di base, archiviati in vario modo, per fare rapporti e studi. Più raramente i dati del monitoraggio ambientale sono direttamente fruiti dai

decisori o dai cittadini. Ciò è legato anche ai problemi d'accesso alle tecnologie avanzate dell'informazione (digital-divide legato alla qualità inadeguata delle applicazioni usate sul web) e alla difficoltà di lettura degli indicatori ambientali da parte di chi non possiede una cultura tecnica specifica. Il numero delle informazioni territoriali attualmente rilevate è così grande che per essere utilizzate (trasferite, archiviate, comprese e valutate) richiede l'uso di sistemi informativi efficienti e interoperabili (il rispetto degli standard Open Geospatial Consortium, OGC). Per migliorare la partecipazione ambientale della gente dunque servono mediazioni informative. I sistemi informativi WebGIS sono soluzioni innovative, composti da molti fornitori-utenti di informazioni collegati e in grado di informarsi a vicenda (interoperabilità tecnica e semantica). I sistemi di monitoraggio e gli archivi ambientali interoperabili distribuiti sul territorio presentano diversi vantaggi: il decentramento oltre a favorire trasparenza ed efficacia gestionale, garantisce maggiore prossimità tra le fonti informative e i fenomeni ambientali. Queste strategie decentrate di monitoraggio ambientale prefigurano la realizzazione di organismi territoriali dotati di intelligenza distribuita (smartcity), capaci di adattarsi velocemente sia alle condizioni ambientali, sia all'offerta richiesta d'informazione espressa dai molti soggetti. Queste reti possono favorire, oltre che la partecipazione in materia ambientale, anche le procedure decisionali decentrate e, in definitiva, possono essere strumento di democrazia.

Inoltre, il rapido sviluppo della sensoristica e della tecnologia di connettività permette nuove strategie di monitoraggio ad esempio per i piani del traffico, energetici, dell'uso del suolo ecc. Questi nuovi sistemi WSN (Wireless Sensor Network), connessi in rete, sono complementari alla tecnologia tradizionale, più focalizzata sulla massimizzazione della qualità di dati ottenuta con strumenti isolati, di maggiore precisione e che necessitano dell'interpolazione delle misure. Le reti di sensori WSN hanno ancora problemi tecnici che certamente potranno essere risolti e che riguardano soprattutto la calibrazione dei sensori. La minore accuratezza del singolo dato acquisito da ogni sensore in una rete WSN è controbilanciata dalla possibilità di monitorare in continuo aree e fenomeni molto specifici. Si pensi che le ultime generazioni di mobile-device (smartphone, tablet ecc.) sono dotate di sensori che, combinati con tecnologie di posizionamento GPS e connettività alla rete, possono diventare nodi mobili WSN. Ad esempio sono state sperimentate piattaforme che permettono di trasformare i mobile-device in

fonometri (es. NoiseTube, NoiseWatch, WideNoise).

Quando, oltre a piattaforme tecnologiche e sensori, sono coinvolte persone che contribuiscono volontariamente alla realizzazione di monitoraggi territoriali si parla di crowd-sourcing e collaborative monitoring (oppure pervasive-monitoring se è involontario il contributo del portatore del dispositivo mobile). Le applicazioni che consentono la navigazione online delle informazioni geografiche (geoweb, webgis) possono essere usate come piattaforme di condivisione per avvicinare la domanda e l'offerta delle informazioni ambientali. Le tecnologie Web 2.0 e l'identificazione geografica delle informazioni scambiate on-line (social geotagging) permettono di integrare gli interessi in gioco e di fare rete (networking) tra gli attori del governo territoriale (stakeholders). Il geotagging in particolare favorisce la partecipazione intelligente (smart) della comunità al governo del territorio, perché permette a tutti di segnalare problemi, disagi, ma anche istanze progettuali, proposte, opinioni (governance). In futuro l'obiettivo ambizioso a cui punta la comunità scientifica è l'interoperabilità semantica, cioè la possibilità di ottenere reti più dinamiche e basate sui contenuti (il Web 3.0). Nel prossimo futuro si diffonderanno forme di monitoraggio ambientale realizzato attraverso piattaforme on-line in grado d'integrare le informazioni rilevate sia da reti di sensori accreditati, sia da cittadini o gruppi di utenti volontari che interagiscono in modo spontaneo (Citizen Science o Volunteered Geographic Information, VGI; Goodchild, 2007). Le informazioni ambientali, ad esempio sull'inquinamento o sul consumo di risorse, raccolte con l'impegno volontario dei cittadini sono un caso particolare del più ampio fenomeno d'informazione online generata da una moltitudine di utenti fornitori (digital-prosumer, user generated content). Il monitoraggio territoriale partecipato è un radicale cambio di prospettiva rispetto al passato che facilita la transizione da government a governance nel campo dell'informazione territoriale.

5.2. CONFRONTO E VALUTAZIONE TRA IL SISTEMA DI MONITORAGGIO CLASSICO E QUELLO SMART TECH .

5.2.1.Acquisizione dati

Al fine di valutare i vantaggi e gli svantaggi dei due approcci al monitoraggio dei rifiuti in spiaggia sono stati eseguiti tre campionamenti su tre siti diversi da due operatori simultaneamente, uno munito di tablet in cui è stata installata

l'applicazione e l'altro munito della strumentazione classica (carte, penna, ecc.). Il costo del campionamento nei termini di personale e tempo impiegato è riassunto nella tabella 21.

Dato lo stesso numero di oggetti osservati nelle due diverse modalità, dall'analisi dei risultati di questo confronto è emerso che:

- il tempo necessario per il campionamento tramite tablet risulta maggiore di circa un 40% dovuto al grado di maggiore precisione richiesto ma il personale coinvolto è minore (Tab. 20);
- la possibilità di georeferenziare ogni zona di rifiuti individuata permette una maggiore comprensione della loro distribuzione sia longitudinale che trasversale;
- la possibilità di effettuare fotografie georeferenziate e in scala nota ad ogni rifiuto permette sia di comprendere le reali dimensioni dei frammenti non riconoscibili (parti di polistirolo, di plastica, di gomma, ecc) sia di procedere ad eventuali successive analisi di dettaglio tramite foto-riconoscimento;
- la possibilità di visualizzare i punti di ritrovamento dei rifiuti del campionamento precedente è di grande importanza sia per capire sul posto l'eventuale variazione delle aree di accumulo al fine di poterle correlare con le condizioni meteo-marine sia per poter effettuare studi temporali a lungo termine;
- più operatori, disponendo di più tablet o cellulari, possono lavorare simultaneamente su transetti e spiagge diverse al fine di ottimizzare i tempi e le risorse.
- Durante le campagne di monitoraggio gli operatori potranno inserire i dati direttamente nel database, anziché unicamente su schede cartacee, che risulterà pertanto aggiornato in tempo reale.

Attività	Personale monitoraggio classico	Personale monitoraggio smart tech	Tempo (ore) monitoraggio classico	Tempo (ore) monitoraggio smart tech
Monitoraggio spiaggia di Marinella	4	1	6	9,5
Monitoraggio spiaggia di Vado	4	1	5	8

Monitoraggio spiaggia di Varigotti	3	1	2	5
Informatizzazione	1	1	15	0
Elaborazione dati	1	1	32	0

Tabella 20: tempo e personale a confronto tra i due metodi

L'utilizzo di sistemi mobili rende possibile la consultazione delle informazioni e delle interfacce operative tramite l'utilizzo di questi terminali di largo uso, favorendo un monitoraggio ad ampio spettro e dalle potenzialità di aggiornamento all'avanguardia rispetto ad una normale piattaforma accessibile da PC.

5.2.2. Informatizzazione dati

Conclusa l'attività di censimento dei rifiuti, tramite il monitoraggio classico, sono ancora necessari circa 2-3 giorni di lavoro per l'inserimento dei dati nei format excel, mentre utilizzando sistema di monitoraggio smart tech. questo tempo viene completamente risparmiato. I dati raccolti tramite tablet vengono immediatamente inviati al database e le elaborazioni aggiornate in realtime, evitando all'operatore di commettere errori nella trascrizione dei dati cartacei (duplicazione dei dati, errata attribuzione della categoria di rifiuti, ecc) e nelle elaborazioni successive.

Inoltre i dati anziché venire organizzati in un archivio tradizionale (basato su file System), con il sistema smart tech. sviluppato vengono immagazzinati in un database (DBMS).

Il metodo tradizionale lavora su files separati a cui si accede tramite programmi applicativi utilizzando procedure del Sistema Operativo.

L'accesso ai files tradizionali comporta una serie di problemi (alcuni dei quali riscontrati nell'analisi ed elaborazione dei dati nel corso di questa tesi):

1. Ridondanza: informazioni ripetute
2. Incongruenza: le modifiche non sempre vengono apportate in tutti gli archivi dove compaiono le stesse informazioni
3. Inconsistenza: rischio di presenza di copie multiple dello stesso dato, che assumono valori diversi
4. Dipendenza dei programmi dai dati: se cambia il tracciato record o la cartella di un archivio devo cambiare l'applicativo

5. Difficoltà nel gestire l'integrità dei dati: va scritto codice ad hoc nell'applicativo
6. Difficoltà nel gestire la concorrenza: in un file condiviso se due utenti tentano la modifica, si possono generare informazioni non corrette
7. Limitata sicurezza e privacy: non tutti gli utenti hanno stessi permessi sui dati e la privacy dei dati è limitata perché gestita solo dal sistema operativo
8. Scarsa protezione dei dati da guasti accidentali

Questi inconvenienti vengono superati se tutti i dati vengono organizzati in una base di dati e gestiti da un DBMS (Data Base Management System). Contrariamente ad un archivio di un sistema basato su File System, un database viene completamente gestito da un DBMS, a cui gli utenti e le applicazioni possono chiedere di utilizzare i dati in maniera molto semplice, adoperando un linguaggio standard. Tutto ciò concorre a rendere possibile e anche molto semplice la condivisione di uno stesso database fra molte applicazioni e utenti diversi e a raggiungere nel sistema l'indipendenza logica e fisica del database. Inoltre un database oltre a contenere i dati veri e propri, incorpora in sé anche i metadati che oltre a comprendere la definizione dei dati stessi, possono comprendere anche le regole di integrità dei dati (vincoli), ossia le regole che i dati devono soddisfare per garantire la loro validità e le operazioni che possono essere eseguite sui dati, che non compromettono la validità dei dati stessi.

Un DBMS utilizzando un linguaggio (SQL) universale, permette agli utenti di interrogare e operare sui dati ignorando completamente quali sono le procedure da eseguire.

I vantaggi apportati dai sistemi basati su un DBMS sono molteplici e riguardano diversi aspetti. Nella tabella seguente (Tab. 21) si riportano i vantaggi di un DBMS rispetto al vecchio sistema di archiviazione su file.

Archiviazione su file	Database	Vantaggi
In generale ogni applicazione ha propri archivi, con dati parzialmente duplicati	I dati sono organizzati per poter essere usati da diverse applicazioni	Integrazione dei dati
Gli archivi sono modificati in tempi diversi e copie dello	Gli aggiornamenti vengono visti subito da tutte le applicazioni, a	Consistenza dei dati

stesso dato possono risultare diverse	causa della condivisione dei dati	
Ogni applicazione deve garantire l'integrità dei dati	I DBMS offrono meccanismi per il controllo centralizzato dell'integrità dei dati	Integrità dei dati
Cambiamenti nella definizione dei record devono essere riportati in ogni applicazione	Con la descrizione centralizzata dei dati solo le viste logiche devono essere modificate	Indipendenza logica
Le modalità di accesso ai dati dipendono dalla loro organizzazione fisica che, in generale, va programmata	Si può accedere ai dati indipendentemente dalla loro organizzazione fisica, che viene scelta fra le organizzazioni previste dal DDMS	Indipendenza fisica
I programmi usano nomi diversi per riferirsi agli stessi dati	I programmi usano i nomi definiti nello schema	Standardizzazione dei dati
I dati sono accessibili solo da programmi	I dati sono accessibili da programmi e interattivamente	Facilità d'uso dei dati
La sicurezza può essere assicurata solo scrivendo opportuni programmi	I DBMS offrono meccanismi per garantire la sicurezza dei dati	Sicurezza dei dati
Ogni applicazione deve definire le proprie procedure per proteggere i dati da malfunzionamenti	I DBMS offrono meccanismi per la protezione dei dati da malfunzionamenti	Affidabilità dei dati
I dati sono usati in modo esclusivo da ogni applicazione	I dati sono accessibili in modo concorrente	Condivisione dei dati

Tabella 21: vantaggi DBMS vs Archiviazione su file

5.2.3.WebGIS - Elaborazione dati

I sistemi informativi sono uno strumento conoscitivo di base per le politiche di gestione del territorio. Una caratteristica importante di questi sistemi è la possibilità d'incrociare ed elaborare informazioni eterogenee utilizzando la componente spaziale dei dati territoriali (le coordinate espresse in un sistema di riferimento comune agli strati informativi analizzati). Il risultato delle elaborazioni è

rappresentato mediante mappe tematiche, cioè mappe che permettono di ottenere una visione sinottica del fenomeno oggetto di valutazione. I tematismi così prodotti trovano impiego in vari ambiti al fine di inquadrare gli stati ambientali, per aiutare a prendere decisioni, per orientare le strategie, per indirizzare l'azione di governo territoriale (Cagnoli P.& Riberti R., 2013).

Il sistema WebGIS implementato fornisce un importante strumento analitico grazie alla possibilità di tematizzare in maniera personalizzata le mappe, restituire in maniera dinamica gli elementi cartografici con un dettaglio differente a seconda della scala di visualizzazione, di visualizzare i dati acquisiti in real time e di compiere ricerche avanzate sui dati presenti nel database. Questo sistema innovativo consente quindi di fornire un supporto decisionale (DSS) per la gestione dei rifiuti marini, permettendo la riqualificazione dei fondali, la protezione di siti economicamente utili come le aree di balneazione ed il controllo in aree marine di pregio ambientale.

Numerosi sono i vantaggi apportati dall'implementazione e l'utilizzo di questo sistema tecnologicamente evoluto, in particolare:

- utilizza tecnologie Open Source;
- è fruibile sul web senza installare software dedicati (Application Service Provider);
- permette di accedere a tutte le informazioni in maniera protetta;
- si connette facilmente a database esterni;
- importa automaticamente i dati;
- riceve e gestisce dati in real-time da strumenti posizionati in situ;
- compie ricerche complesse di dati eterogenei;
- genera report, grafici dinamici e analisi statistiche dei dati estratti;
- integra librerie software per l'elaborazione e l'analisi dei dati;
- consente di creare, visualizzare e stampare mappe tematiche georeferenziate;
- genera output per piattaforme di ultima generazione;
- pubblica dati con servizi WMS/WFS (secondo i protocolli standard OGC).

Dal confronto tra le metodologie utilizzate e dai risultati ottenuti si evince che l'utilizzo di tecnologie informatiche innovative sia a livello dell'acquisizione dei dati che della loro elaborazione consente sia un risparmio di tempo che un incremento dell'efficacia e dell'efficienza di tutto il procedimento.

5.3. CARATTERIZZAZIONE DEI RIFIUTI MARINI IN LIGURIA

I risultati ottenuti dal monitoraggio effettuato con i metodi classici e validato con l'uso di alcuni degli strumenti sviluppati in questa tesi, hanno permesso di caratterizzare i rifiuti presenti in Liguria al fine di poter individuare le strategie per una corretta pianificazione e gestione di questo problema a livello locale e regionale.

Un totale di 16.781 rifiuti è stato conteggiato su 5 stazioni monitorate in Liguria in due anni: Varigotti, Vado Ligure, Cogoleto, Lavagna e Marinella. L'analisi dei dati ha mostrato come la plastica costituisca per numero di oggetti circa il 70% dei rifiuti marini, seguita dalla carta e cartone con circa il 20%. La plastica sembra essere il tipo di rifiuto marino più comune al mondo (Thompson, 2006) e il presente lavoro conferma questa osservazione, così come gli studi effettuati finora sui rifiuti in spiaggia emersa in diverse nazioni (vedi bibliografia in Tab.24). La ragione principale di questo fenomeno è legata al larghissimo uso che si fa di questo materiale in tutte le attività umane (professionali e ricreative) nonché alla sua grande persistenza nell'ambiente marino (Derraik, 2002). Per quanto riguarda la carta e cartone, anche sulle spiagge adriatiche questa categoria in media è seconda dopo la plastica, anche se con percentuali più contenute (circa 7%, Munari et al. 2017).

La distribuzione dei rifiuti in Liguria cambia da spiaggia a spiaggia: a Marinella la quasi totalità dei rifiuti è costituita da plastica; a Vado la maggior parte dei rifiuti è costituita da carta e cartone, nello specifico da mozziconi di sigaretta (alzando la percentuale complessiva di questa categoria, che senza la spiaggia di Vado si attesta intorno al 12%); a Cogoleto, anche se prevale sempre la plastica, compare significativamente la gomma (è l'unico sito con questa caratteristica); a Varigotti la distribuzione tra le varie classi di rifiuti è più omogenea, anche se compare con una certa abbondanza il metallo; Lavagna è caratterizzata oltre che da un'alta percentuale di plastica anche da tutte le altre tipologie di rifiuto con numeri significativi. In generale, la stazione di Varigotti risulta essere per tutti i campionamenti quella con il minor numero di rifiuti conteggiati confermando la scelta iniziale di spiaggia remota, per avere una baseline di riferimento; Marinella invece risulta essere per tutti i campionamenti quella con il maggior numero di rifiuti conteggiati; mentre Vado, Cogoleto e Lavagna sono costituite da campionamenti aventi caratteristiche intermedie tra le altre due spiagge. Inoltre

dall'analisi ANOSIM si osserva che vi sono generalmente differenze non solo quantitative ma anche qualitative più o meno evidenti tra tutte le spiagge e che le differenze più elevate si riscontrano tra Marinella e tutti gli altri siti, mentre la composizione e quantità di rifiuti tra Cogoleto e Vado presenta le minori differenze. Inoltre, dall'analisi degli indici di diversità ed equitabilità è emerso che la spiaggia di Varigotti oltre ad essere quella col minor numero di rifiuti è anche quella con la più bassa diversità e la maggiore omogeneità nella loro distribuzione; viceversa, quella di Marinella, oltre ad essere quella con il maggior numero di rifiuti è anche il sito con la più alta diversità ed eterogeneità nella distribuzione dei rifiuti. L'indice di equitabilità è comunque piuttosto elevato per tutte le spiagge liguri monitorate ($>0,8$), mostrando un'elevata omogeneità nella composizione dei rifiuti per spiaggia nei diversi campionamenti, e sempre maggiore di quanto osservato per le spiagge dell'Adriatico nord occidentale (Munari et al. 2017). Al contrario, l'indice di diversità nelle spiagge liguri è minore di quanto osservato nelle spiagge adriatiche. La differenza tra spiagge è evidente anche dall'analisi dei raggruppamenti (cluster analysis): in questo caso si nota come, in alcune situazioni, campionamenti di una particolare spiaggia si associano a quelli di un'altra spiaggia (esempio: Cogoleto nel campionamento "3_2016" si associa ai campionamenti di Marinella e Lavagna nel campionamento "10_2016" si associa a Varigotti), mostrando che alcune spiagge presentano una distribuzione non sempre omogenea nel tempo.

Il campionamento di Lavagna dell'autunno 2016 risulta povero di rifiuti (numero oggetti ridotto e poche categorie rappresentate) probabilmente a causa delle condizioni meteo-marine antecedenti alla giornata di rilevamento che associate all'esposizione e alla forte pendenza della spiaggia (circa 7%) ne hanno favorito un'azione naturale di pulizia svolta dal mare.

Nella figura 78 vengono riportati i dati correntometrici durante due campagne di monitoraggio svolte nell'ambito del progetto europeo FP7 IDREEM e mostrano come nella zona di mare immediatamente prossima alla costa, nei pressi della foce fluviale dell'Entella, in due stagioni differenti, vi sia una direzione prevalente della corrente verso il mare aperto (in contrasto con la corrente generale Est-Ovest del Mar Ligure). Inoltre, la direzione prevalente del vento alla foce che spira dalla costa verso il largo può aver contribuito a disperdere il materiale veicolato dal corso d'acqua più verso il largo. Accanto alle possibili fonti da terra, il regime vento/correnti e l'orientamento della spiaggia sono due componenti importanti per

la selezione dei siti di monitoraggio e vanno tenuti in considerazione per l'interpretazione dei risultati (Prevenios et al. in press).

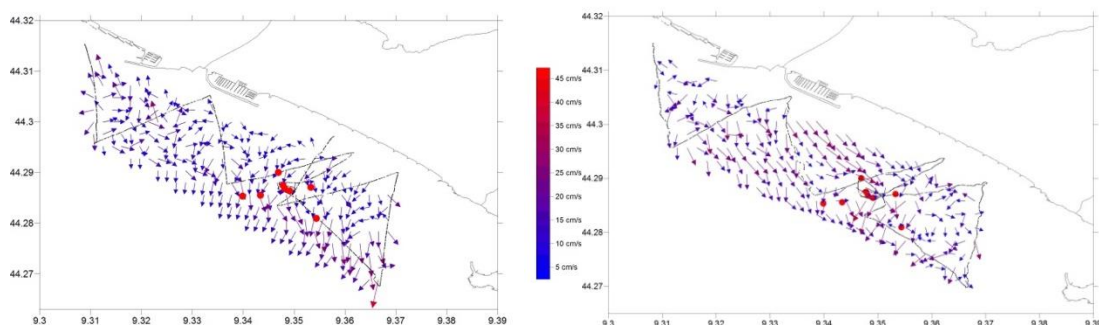


Figura 78: dati correntometrici raccolti il 2 agosto 2013 a sinistra e 18 dicembre 2013 a destra nell'ambito del progetto europeo FP7 IDREEM.

Il campionamento di Cogoletto della primavera 2016 risulta ricco di rifiuti (maggior numero di oggetti e di categorie rappresentate) probabilmente anche a causa delle forti piogge dei giorni antecedenti il campionamento (Fig. 79) che hanno favorito il trasporto dei rifiuti abbandonati sulle sponde del torrente Lerone verso la foce e probabilmente causato l'accumulo sulle spiagge ad opera delle correnti marine.

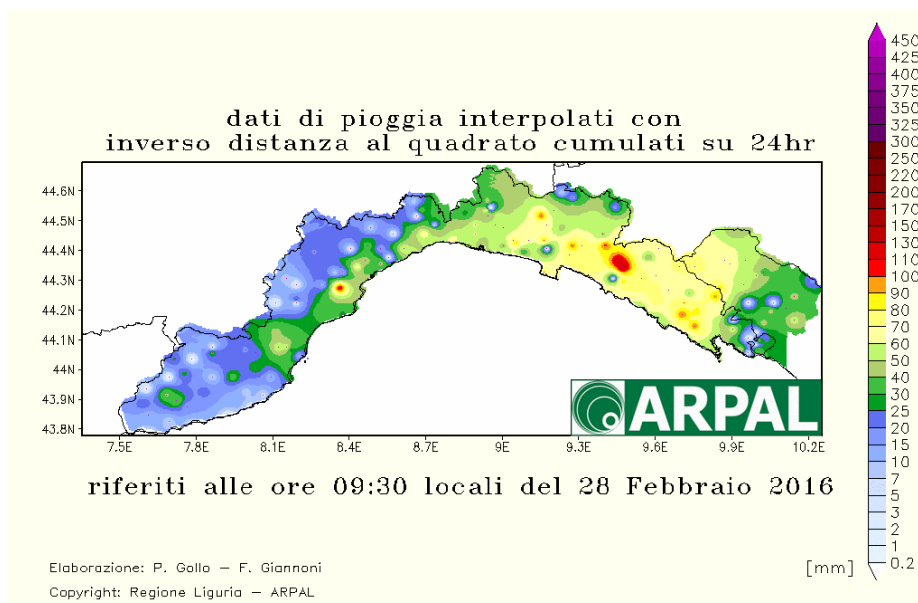


Figura 79: dati di pioggia riferiti alle ore 9:30 locali del 28 Febbraio 2016

Tramite l'analisi delle similarità (SIMPER) è stato possibile identificare 10 categorie di rifiuti che sono significativamente responsabili di una alta percentuale delle differenze tra spiagge: frammenti di plastica, frammenti di polistirolo, bottiglie di plastica/tappi di bottiglia, spugne sintetiche, sacchetti di plastica, mozziconi di sigaretta, frammenti di carta, pezzi di gomma, pezzi di metallo, prodotti tessili.

Grazie anche alla recente legge (D.Lgs. 91/2014) che proibisce la vendita e l'utilizzo di buste per la spesa di plastica non biodegradabile i sacchetti di plastica sono stati ritrovati in maniera piuttosto limitata (4%), paragonabile ad altre località come la Slovenia (Langlbauer et al., 2014) e Taiwan (Liu et al., 2013; Kuo e Huang, 2014). Per quanto riguarda i frammenti in particolare del materiale più resistente, essi denotano una maggiore età del detrito e molto spesso impediscono di distinguere la sorgente del rifiuto, quindi anche le vie con cui è stato introdotto in mare o sulla spiaggia rendendo difficili l'attuazione di azioni preventive. Spesso queste categorie di rifiuti sono presenti, pur se in numero moderato, anche nelle spiagge "remote" o più lontane da possibili fonti da terra, come Varigotti, e la risposta a qualunque azione intrapresa per contrastarne la presenza potrà essere verificata solo in un periodo di tempo molto lungo (Prevenios et al. in press). Inoltre essendo i frammenti originati dalla disgregazione degli oggetti più grandi, il numero dei piccoli pezzi è destinato a crescere indipendentemente dall'immissione di altri oggetti, che comunque continua. Questa tendenza ad esempio è stata messa in evidenza per i pezzi di plastica <2,5cm in uno studio decennale sulle spiagge inglesi (Nelms et al. 2017). L'importanza sempre crescente dei piccoli frammenti di plastica anche in mare e il loro impatto sugli organismi marini (Carnimeo, 2014; Avio et al. 2017) dovrà stimolare una discussione sulla necessità di conteggiare questi oggetti e non tralasciare marine litter di taglia inferiore a 2,5 cm, come scelto nel caso delle spiagge liguri, pur trovando sistemi di monitoraggio che conducano a risultati riproducibili (Nelms et al. 2017).

Un aspetto interessante che è emerso per la carta e cartone, è che la maggioranza di questa tipologia di rifiuto è costituita dai mozziconi di sigaretta (in alcune classificazioni incluse nella macrocategoria "Polimeri artificiali" – esempio: Poeta et al. 2016), un risultato in linea con quanto trovato da Langlbauer et al. (2014) sulle spiagge slovene e da Lopes da Silva (2015) sulle spiagge brasiliane. La loro presenza è un buon indicatore di inquinamento legato alla presenza di fruitori delle spiagge e in altri paesi rispecchia la frequenza dei visitatori della spiaggia (Prevenios et al. in press), tuttavia nelle spiagge liguri vi è una netta dominanza nella spiaggia di Vado rispetto alle altre (ad eccezione dell'ultimo campionamento della primavera 2017) che non può essere spiegata solo da una maggiore presenza di persone. Altri fattori locali, tra i quali da verificare anche

quelli ascrivibili ai comportamenti dei visitatori (in relazione anche alla presenza o meno di raccoglitori di rifiuti, Williams et al. 2016), indubbiamente influenzano le dinamiche di questo rifiuto in quel sito.

Dal calcolo del CCI, che rappresenta la densità dei rifiuti, è emerso che la spiaggia di Varigotti risulta “Molto pulita”, infatti questa spiaggia è lontana sia dalle foci fluviali che dagli impatti antropici e si conferma quindi area remota; la spiaggia di Lavagna risulta “pulita” pur trovandosi in prossimità della foce del Fiume Entella e in un’area complessivamente fortemente antropizzata, sia perché è riparata dal porticciolo sia per le caratteristiche morfologiche e correntometriche che ne favoriscono l’azione naturale di pulizia del mare; la spiaggia di Vado si presenta “Moderata”, caratterizzata, come detto precedentemente, soprattutto da un alto numero di rifiuti cartacei (soprattutto mozziconi di sigaretta) dovuto all’abbandono direttamente sulla spiaggia da parte di persone/turisti, più che da un apporto significativo da parte del Torrente Quiliano. Cogoleto e Marinella risultano “Sporche” infatti sono entrambe caratterizzate da un’alta presenza di rifiuti trasportati probabilmente dai fiumi limitrofi. In particolare Marinella è quella con il valore di CCI più alto poiché è influenzata dai grossi apporti derivanti dal Fiume Magra, il più grande in termini di portata e dimensione del bacino sotteso della Liguria. Complessivamente la densità media delle spiagge monitorate ammonta a 0.40 oggetti/mq. Tra le 5 spiagge esaminate Marinella (0,70 oggetti/mq) è quella con l’accumulo di rifiuti significativamente più alto rispetto alle altre che variano tra un range di 0.10–0.65 oggetti/mq. Le densità di rifiuti marini trovati sulle nostre spiagge è simile a quella trovata sulle spiagge della Scozia e dell’Oman posizionandosi in una zona intermedia rispetto alle altre parti del mondo, alcune con densità inferiori (come ad esempio le spiagge adriatiche italiane o quelle israeliane) ed altre con densità decisamente maggiori (come quelle slovene, giordane, panamensi o brasiliane, per citarne alcune) (Tab. 22).

Nazione	N. spiagge monitorate	Densità media (oggetti/mq)	Riferimenti
Italy	5	0,40	Questo studio
Italy	5	0,20	Munari et al. (2016)
Ireland	1	0,20	Benton (1995)
Scotland	16	0,40	Velander and Mocogni (1999)
Slovenia	6	1,51	Langlbauer et al. (2014)
Russia	8	0,20	Kusui and Noda (2003)
Jordan	3	4,00	Abu-Hilal and Al-Najjar (2004)
Oman	11	0,40	Claereboudt (2004)

Japan	18	3,40	Kusui and Noda (2003)
Bulgaria	8	<0,14	Simeonova et al. (2017)
South Korea	6	1,00	Lee et al. (2013)
Taiwan	6	0,15	Kuo and Huang (2014)
Indonesia	21	4,60	Evans et al. (1995)
Australia	6	0,10	Cunningham and Wilson (2003)
Australia	1	0,50	Foster-Smith et al. (2007)
Australia	1	0,24	Smith and Markic (2013)
Pitcairn Island	2	0,20	Benton (1995)
Tasmania	9	0,28	Slavin et al. (2012)
Panama	19	3,60	Garrrity and Levings (1993)
Brasil	2	0,70	Araújo et al. (2006)
Brasil	10	0,14	Oigman-Pszczol and Creed (2007)
Brasil	5	4,98	Widmer and Hennemann (2010)
Chile	43	1,80	Bravo et al. (2009)

Tabella 22: dati di densità di rifiuti marini in varie parti del mondo

In particolare, l'analisi statistica (ANOVA e Two Sample t-test) ha evidenziato che:

- Il CCI è significativamente diverso tra le spiagge, evidenziando criticità in alcune (Marinella e Cogoletto).
- Il CCI è significativamente diverso tra i transetti, in particolare il primo transetto ha un valore di CCI mediamente maggiore rispetto agli altri due. Questo è probabilmente dovuto al fatto che le stazioni di campionamento sono poste per lo più a ovest delle foci fluviali e le correnti del mar Ligure tendono generalmente a muoversi da est verso ovest facilitando di conseguenza l'accumulo dei rifiuti nel primo transetto (numerati da ovest verso est) posizionato sempre in prossimità di barriere e/o pennelli. Questo è particolarmente evidente per Cogoletto, mentre Marinella non segue questo pattern, probabilmente per la maggiore complessità del sito, essendo l'unico posizionato ad est della foce del fiume con maggiori portate e dimensione di bacino sotteso. Anche Poeta et al. (2016) hanno riscontrato un maggior numero di oggetti nell'unità campionaria più vicina alla foce fluviale, ma in generale categorie di oggetti differenti si posizionano a distanze diverse dalla foce a seconda della loro galleggiabilità.
- I CCI dell'autunno 2016 e della primavera 2017 risultano mediamente più bassi probabilmente a causa delle condizioni meteo-marine di quelle stagioni: una forte siccità ha caratterizzato la stagione invernale del 2016/2017 e di

conseguenza ha ridotto gli eventi di piena e il relativo apporto di rifiuti. Anche le mareggiate sono state più sporadiche (dati ARPAL).

- Il CCI è significativamente diverso tra la primavera e l'autunno. Il CCI tende mediamente ad assumere un valore più alto in primavera a causa del maggiore accumulo di rifiuti dovuto ai fenomeni piovosi e alle mareggiate che sono più frequenti nella stagione autunnale-invernale. Nella stagione autunnale, solitamente i campionamenti vengono effettuati prima delle piene stagionali ed inoltre il tempo intercorso tra la pulizia delle spiagge (effettuate durante la stagione balneare) e i campionamenti è minore rispetto ai campionamenti primaverili. Questo risultato concorda con quanto osservato per le spiagge del Lazio dove la più alta quantità di rifiuti è campionata alla fine dell'inverno proprio a causa del maggior apporto dei fiumi che insistono sul litorale, anche se categorie diverse mostrano diverse stagionalità a seconda della provenienza del rifiuto (Poeta et al. 2016). La differenza nella distribuzione dei rifiuti in stagioni diverse non è sempre evidente per i diversi monitoraggi (come in Inghilterra - Nelms et al 2017) mentre in alcuni casi la differenza nel numero totale di oggetti rinvenuti in spiaggia diventa significativa se si campiona nella stagione estiva, a causa dell'incremento del flusso turistico in spiagge non soggette a pulizia (Simeonova et al. 2017).
- Il CCI è significativamente più alto in presenza di impatti antropici come ad esempio di porti, aree urbanizzate, parcheggi ecc. come messo in evidenza da diversi altri studi (esempio Prevenios et al. in press).

Complessivamente tutti i fattori analizzati indicano differenze significative nella presenza di rifiuti nelle spiagge del mar Ligure monitorate in questo lavoro. Tra tutti i fattori analizzati e in parte interconnessi tra loro il più importante per la quantità e la tipologia di rifiuti marini risulta essere la vicinanza alle foci fluviali e la relativa dimensione del bacino sotteso, mentre la vicinanza ad un porto commerciale non sembra aumentare il numero di oggetti sulla spiaggia di Vado. Infatti, la maggioranza dei rifiuti riscontrati sulle spiagge risulta costituita da materiale spiaggiato (prevalentemente plastiche) ad eccezione della spiaggia di Vado dove prevale il rifiuto deposto da terra (dai fruitori – prevalentemente mozziconi di sigaretta). Il CCI quindi risulta molto più alto quando la stazione è in prossimità di foci fluviali e tende ad aumentare con la dimensione del bacino. Ovviamente bacini più grandi tendono a riversare sulle spiagge più rifiuti avendo

una maggiore area di accumulo e una maggiore energia di trasporto (Williams et al. 2016). Tuttavia la relazione tra CCI e dimensione del bacino sotteso non è lineare: forzanti naturali caratteristiche di ciascun sito influenzano la quantità e la composizione dei rifiuti nelle diverse spiagge indipendentemente alla vicinanza alle sorgenti, come messo in evidenza per le spiagge di Corfù (Prevenios et al. in press).

5.4. L'IMPORTANZA DEI SENSORI WSN PER LO STUDIO DELLA DISTRIBUZIONE DEI RIFIUTI MARINI

In base ai risultati ottenuti dai monitoraggi effettuati è emerso come (ad esempio per il sito di Lavagna) conoscere le correnti superficiali a livello di mesoscala fornisca delle informazioni cruciali per la corretta interpretazione dei dati e lo studio della dinamica dei rifiuti spiaggiati.

Da studi effettuati sui macrorifiuti galleggianti è emerso che la densità media si aggira intorno a 2-5 oggetti/Kmq e che la plastica rappresenta l'80% dei rifiuti in tutte le aree e le stagioni, con la percentuale più alta nel Mare Adriatico, nel Mar Ligure e nei canali siculo-sardi (Arcangeli A., in press).

I dati raccolti in questi studi utilizzano metodiche differenti e quindi difficilmente confrontabili tra loro e necessitano la movimentazione di imbarcazioni e la presenza di personale qualificato con costi molto alti.

Il prototipo sviluppato nel progetto BIMBA e implementato in questa tesi di dottorato può essere utilizzato come proxy della distribuzione dei rifiuti marini. Questo strumento permette sia di ridurre la variabilità soggettiva del campionamento sia di diminuire notevolmente i costi di imbarcazione e personale grazie alla possibilità di monitorare costantemente in remoto in tempo reale l'andamento delle correnti (alla stregua dei drifter oceanografici ma con costi contenuti) aggiungendo una caratterizzazione fisico-chimica delle masse d'acqua incontrate. Può essere utilizzato non solo in aree costiere, ma rilasciato nei tratti terminali dei corsi d'acqua nei diversi periodi stagionali per seguire il percorso di un "macro rifiuto" verso il mare aperto e/o la costa.

I dati così raccolti serviranno ai ricercatori per migliorare la conoscenza delle dinamiche marine e per ottimizzare la calibrazione dei modelli oceanografici regionali. Il miglioramento della modellistica marina, oltre ad obiettivi di ricerca, ha

anche importanti ricadute dal punto di vista operativo. Lo studio delle correnti, oltre ad essere di grande utilità per la localizzazione delle aree di accumulo dei rifiuti marini, permette anche di avere previsioni più affidabili relativamente alla dispersione di sostanze inquinanti in mare in caso di sversamenti accidentali o dolosi. Inoltre i parametri di temperatura e quelli biochimici, come ad esempio la temperatura, le concentrazioni di ossigeno il pH, ancorché superficiali, costituiscono informazioni molto utili sullo stato di salute delle acque del mar Ligure per evidenziare aree potenzialmente critiche.

6. CONCLUSIONI

Questo lavoro di tesi ha permesso di individuare soluzioni in grado di attuare un nuovo approccio alle tematiche del monitoraggio ambientale e di fornire un sostegno tecnologico e informatico al raggiungimento degli obiettivi della Marine Strategy Framework Directive (specificatamente il descrittore 10).

In particolare i risultati qui presentati mostrano come sia utile e possibile integrare l'acquisizione dei dati mediante tecnologie all'avanguardia, l'archiviazione e la gestione dei dati misurati mediante sistemi WebGIS e la divulgazione interoperabile delle informazioni mediante geoservizi.

I dati derivanti dai sistemi di campionamento utilizzati sono stati tutti gestiti mediante questo innovativo sistema tecnologico che ha mostrato una buona solidità del modello di geodatabase implementato, in grado di gestire dati acquisiti in differenti modalità di campionamento. La possibilità di inserire tutte le informazioni derivanti da diversi tipi di acquisizione dei dati ha consentito di gestire con semplicità anche le informazioni sui metadati, secondo i diversi modelli (INSPIRE, EML, OGC). L'utilizzo di standard OGC ha risposto appieno alle moderne esigenze di interoperabilità, scambio e gestione dei dati e dei metadati come richiesto dalle direttive europee; tale approccio è risultato efficace anche nell'ambito della gestione dei dati marino-costieri. L'accesso e la diffusione dei dati mediante standard di interoperabilità ha reso l'estrazione delle informazioni e la gestione del dato più efficiente e ha mostrato numerosi vantaggi in termini di tempo di reperimento dati, validazione e diffusione.

Le analisi dei dati raccolti in questo lavoro di dottorato hanno messo in luce come il problema del marine litter ed in particolare della plastica sia un problema attuale, complesso e radicato. Se da una parte il litorale è visto come una preziosa risorsa

turistica, economica, sociale e ambientale, dall'altra il problema della gestione dei rifiuti non viene affrontato in maniera organica con interventi risolutivi.

Fortunatamente la tecnologia oggi ci viene in aiuto per quello che riguarda la raccolta dei dati, la loro trasmissione in tempi brevi e l'analisi degli stessi. E' emerso proprio in questo dottorato come lo sviluppo informatico possa fornire un solido supporto in tutte le fasi di raccolta ed analisi dei dati. Non solo, proprio grazie alla percezione positiva dell'"ambiente spiaggia" si può pensare di usare concretamente queste tecnologie mettendole a disposizione di associazioni di commercianti, appassionati di natura e ambiente e semplici cittadini che volessero dare il loro contributo per porre un freno alla presenza del marine litter.

La disponibilità di elettronica programmabile a basso costo, della rete e dell'uso aperto e comune di strumenti portatili di comunicazione come smartphone e tablet potranno supportare la raccolta di una massiccia e significativa mole di dati, e dai risultati delle future analisi emergerà un quadro più chiaro e definito dei luoghi di maggiore impatto del marine litter in Liguria. Di conseguenza si potrà agire con più efficacia sulle cause a monte di questo grave problema ambientale di cui siamo artefici, spettatori e vittime.

Le tecnologie, sia hardware sia software, sviluppate per lo studio della problematica del marine litter hanno ben risposto agli obiettivi di questo lavoro, la sperimentazione condotta sulle cinque spiagge liguri scelte ha mostrato solidità nella metodologia proposta che in futuro potrà essere applicata dagli enti preposti al monitoraggio e alla gestione dei rifiuti marini.

In conclusione, queste nuove tecnologie permettono di eseguire tutte le operazioni di raccolta del dato e di successiva analisi richieste dalle normative in maniera più ampia, versatile, autonoma, economica e veloce; qualcosa che di fatto estenderà le capacità della ricerca e dello studio del marine litter in futuro.

7. BIBLIOGRAFIA

- Alan Mainwaring, Joseph Polastre, Robert Szewczyk, David Culler, John Anderson, 2002. "Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring". In Proceedings of the 1st ACM international workshop on Wireless sensor networks and applications.
- Alkalay, R., Pasternak, G., Zask, A., 2007. Clean-coast index: a new approach for beach cleanliness assessment. *Ocean Coast. Manag.* 50, 352–362.
- Andrady, A. L., 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 62,1596-1605.
- Angeloni MM e Senese A, 2005. Il diritto del mare nel contrasto ai traffici illeciti internazionali, Cacucci Editore, Bari, in *Rivista giuridica del Molise e del Sannio*, 2:237.
- Araújo, M.C.B., Santos, P.J.P., Costa, M.F., 2006. Ideal width of transects for monitoring source-related categories of plastics on beaches. *Mar. Pollut. Bull.* 52, 957–961.
- Arcangeli A., Campana I., Angeletti D., Atzorie F., Azzolin M., Carosso L., Di Miccoli V., Giacoletti A., Gregorietti M., Luperini C., Paraboschi M., Pellegrino G., Ramazio M., Sarà G., Crosti R. in press. Amount, composition, and spatial distribution of floating macro litter along fixed trans-border transects in the Mediterranean basin. *Marine Pollution Bulletin* (2017).
- Autorità di bacino interregionale del fiume Magra, 2006 - Piano stralcio assetto idrogeologico del bacino del Fiume Magra e del Torrente Parmignola - Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Magra – Sarzana (SP).
- AA.VV.,(2000). In: "In situ monitoring of aquatic systems; Chemical analysis and speciation", J. Buffle, G. Hoarvai (Eds.), IUPAC Series on Analytical and Physical Chemistry of Environmental Systems, Vol. 6, Wiley, Chichester (2000), 623 pp.
- Avio C. G, Gorbi S., Regoli F., 2017. Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat. *Marine Environmental Research* 128: 2-11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.05.012>.
- Azzena G., Tascio M., 1996. Il sistema informativo territoriale per la Carta archeologica d'Italia, in Marchi M.L., Sabattini G., Venusia, IGM 187 I NO/NE, (Forma Italiae, 37), Firenze, pp. 281-297.

- Bardi A., Dallai L., 2002. La Diocesi di Massa e Populonia: obiettivi e strumenti della creazione di un SIT con approfondimenti ed analisi GIS, «Geostorie», v. X, n.1, pp. 25-27 e CD allegato.
- Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C., Barlaz, M., 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Phil. Trans. R. Soc. B* 364 (1526),1985–1998.
- Benton, T.G., 1995. From castaways to throwaways: marine litter in the Pitcairn Islands. *Biol. J. Linnean Soc.* 56, 415–422.
- Bergmann M., Lutz B., Tekman M.B., Gutow L., 2017. Citizen scientists reveal: Marine litter pollutes Arctic beaches and affects wild life Melanie. *Marine Pollution Bulletin* 125, 535-540.
- Berners-Lee T, Hendler J, Assila O, 2001. The Semantic Web, *Scientific American*, May 2001, pp. 28-37.
- Boccardo P. et al., 2003, Il sistema informativo interdisciplinare per l'analisi del contesto storico territoriale del Marchesato di Saluzzo, in Di Gangi G., Lebole C.M. (a cura di), *Leggere il territorio. Metodi di indagine e finalità a confronto*, Edizioni Marcovaldo, Cuneo 2003, pp. 157-180.
- Bonuso N., Newton C. R., Brower J.C. & Ivany L.C., 2002. Statistical testing of community patterns: uppermost Hamilton Group, Middle Devonian (New York State: U.S.A.). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 185:1-24.
- Bravo, M., Gallardo, M.A., Luna-Jorquera, G., Núñez, P., Vásquez, N., Thiel, M., 2009. Anthropogenic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): results from a national survey supported by volunteers. *Mar. Pollut. Bull.* 58, 1718–1726.
- Bray J.R. & Curtis J.T., 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27:325-349.
- Brinkhoff T., 2000. "The Impacts of Map-Oriented Internet Applications on Internet Clients, Map Servers and Spatial Database Systems", 9th International Symposium on Spatial Data Handling, 10-12 August 2000, Beijing, China, Proceedings.
- Brouwer R., Hadzhiyska D., Ioakeimidis C., Ouderdorp H., 2017. The social costs of marine litter along European coasts. *Ocean & Coastal Management* 138: 38-49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.01.011>.

- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T. & Thompson, R. 2011. Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science & Technology* 45, 9175-9179.
- Burbridge C e Maguire G, 2009. Digital Britain – the final report, *Computer Law & Security Review*, Vol. 25(5): 482-484, September 2009, ISSN 0267-3649, <http://dx.doi.org/10.1016/j.clsr.2009.07.009>.
- Burd B.J., Nemec A. & Brinkhurst R.O., 1990. The development and Application of Analytical Methods in Benthic Marine Infaunal Studies. *Advances in Marine Biology*. Vol. 26: 169-247.
- Buri I., 2012. Accessing and Licensing Government Data under Open Access Conditions. Institute for Information Law University of Amsterdam, IViR, publications.
- Cagnoli P., & Riberti R., 2013. L'evoluzione dei GIS per la gestione del territorio. *Ecoscienza Numero*, 2: 67-70.
- Carnimeo N., 2014. Come è profondo il mare. La plastic, il mercurio, il tritolo e il pesce che mangiamo. Chiarelettere editore. EAN: 9788861905511.
- Ceschia C., 2005. Alterazione delle comunità bentoniche di un'area soggetta ad impatto e valutazione dei metodi di caratterizzazione. XVII Ciclo del Dottorato di Ricerca in: Metodologie di Biomonitoraggio dell'Alterazione Ambientale. Dipartimento di Biologia, Università degli studi di Trieste: 129.
- Mainwaring, Alan, et al., 2009. Wireless sensor networks in ambient intelligence. Book *Wireless Sensor Networks in Ambient Intelligence*.
- Clarke K.R., 1993. Non parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18:117-143.
- Clarke K.R. & Warwick R.M., 1994. Change in marine communities. An approach to statistical analysis and interpretation. Primer v4 - 5 Methods Manuals. Plymouth Marine Laboratory. Natural Environment Research Council, UK. Bourne Press Limited. Bournemouth, UK: 114.
- Clarke K.R. & Gorley R.N., 2006. Primer v6 user manual. Primer-E Ltd, Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK.
- Clarke K.R., Somerfield P.J. & Chapman M.G., 2006. On resemblance measures for ecological studies, including taxonomic dissimilarities and a zero-adjusted Bray-Curtis coefficient for denuded assemblage. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 330(1): 55-80.

- Conservation in Europe. Federal Agency for Nature Conservation, Stralsund, Germany, 107–115 pp.
- Cunningham, D.J., Wilson, S.P., 2003. Marine debris on beaches of the greater Sydney Region. *J. Coast. Res.* 19, 421–430.
- Derraik, J.G.B., 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Mar. Pollut. Bull.* 44, 842–852.
- De Silva M., 2002. Lo studio dei tessuti viari storici in ambiente GIS. Fonti, software, oggetti geografici e database relazionali, «Geostorie», v. X, n. 2, pp. 54-55 e CD allegato.
- De Silva M., Pizziolo G., Sarti L., 2002. Dallo scavo al territorio: un GIS per la gestione integrata del patrimonio archeologico dell'area di Sesto Fiorentino, in «Geostorie» X, n.1, pp. 25-27 e CD allegato.
- De Stefani F., 2008. Sistema di monitoraggio ambientale tramite WSN. Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica. Università degli Studi di Pavia-Facoltà di Ingegneria.
- Directive 2008/98/EC, or Waste Framework Directive of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste.
- Directive 2000/59/EC of the European Parliament and of the Council of 27 November 2000 on port reception facilities for ship-generated waste and cargo residues, Official Journal of the European Union, L 332 , 28.12.2000.
- Direttiva 2000/60/CE – WFD. Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque.
- Direttiva 2007/2/CE - INSPIRE. Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio, del 14 marzo 2007, che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea (INSPIRE).
- Direttiva 2008/56/CE – MSFD. Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 17 giugno 2008 direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino.
- DTI. 2002. Partial regulatory impact assessment on proposed Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 94/62/EC on Packaging and Packaging Waste.
- Ecolas & PIRA. 2005. Study on the implementation of Directive 94/62/EC on Packaging and Packaging Waste and Options to Strengthen Prevention and

- Re-use of Packaging. Final report to DG Environment, European Commission.
- European Commission, 2008. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008, establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive).
- Evans, S.M., Dawson, M., Day, J., Frid, C.L.J., Gill, M.E., Pattisina, L.A., Porter, J., 1995. Domestic waste and TBT pollution in coastal areas of Ambon Island (Eastern Indonesia). *Mar. Pollut. Bull.* 30, 109–115.
- EU, 1999, Council Directive 99/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste, Brussels, Council of the European Union.
- Fendall L. S. & Sewell M. A., 2009. Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin* 58, 1225-1228.
- Field J.G., Clarke K.R. & Warwick R.M., 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series*, 8: 37-52.
- Foster-Smith, J., Birchenough, A.C., Evans, S.M., Prince, J., 2007. Human impacts on Cable Beach, Broome (Western Australia). *Coast. Manage.* 35, 181–194.
- Gabrielli F., 2004. Per un atlante dei siti ecclesiastici medievali della Toscana, in Cortonnesi A., Piccinni G. (a cura di), *L'Eremo del Vivo (sec. XI-sec. XXI) tra dinamiche religiose e territoriali*, Atti del Convegno (Vivo d'Orcia, 2002), Effigi, Arcidosso, pp. 209-220.
- Galgani, F., Léauté, J.P., Moguedet, P., Souplet, A., Verin, Y., Carptentier, A., Goraguer, H., Latrouite, D., Andreal, B., Cadiou, Y., Mahe, J.C., Poulard, J.C. and Nerisson, P. 2000 Litter on the Sea Floor Along European Coasts. *Marine Pollution Bulletin* 40, 516-527
- Garrity, S.D., Levings, S.C., 1993. Marine debris along the Caribbean coast of Panama. *Mar. Pollut. Bull.* 26, 317–324.
- Goodchild M.F., 2007. *Citizens as Sensors: the World of Volunteered Geography*. Springer Science, Business Media B.V.
- Goh H.G., Sim M.L. and Ewe H.T., 2006. "Agricultural Monitoring using Wireless Sensor Network and Mobile Internet Application". In *Sensor Network and*

- Configuration: Fundamentals, Techniques, Platforms, and Experiments, N. P. Mahalik, Ed. Germany: SpringerVerlag.
- Gottarelli A., 1997. Sistemi informativi territoriali e reti geografiche in archeologia: GiS-Internet, All'Insegna del Giglio, Firenze.
- Guastaldi E, 2006. Dispense del Corso di Geostatistica Ambientale, A.A.2006/2007.
- Guerra-Garcia J.M, Maestre M.J, González A.R. & Garcia-Gomez J.C., 2006. Assessing a quick monitoring method using rocky intertidal communities as a bioindicator: a multivariate approach in algeciras bay. *Environmental Monitoring and Assessment*, 116: 345-361.
- Hall K., 2000 Impacts of Marine Debris and Oil: economic and social costs to coastal communities. KIMO c/o Shetland Islands Council, Lerwick.
- ISPRA [Online], 2008. <http://www.strategiamarina.isprambiente.it/>.
- ISPRA, 2009. Annuario dei dati ambientali: Acque marine Prima applicazione della direttiva 2000/60/CE alle acque superficiali, acque marino-costiere e di transizione.
- JRC, 2011. MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter. Technical Recommendations for the Implementation of MSFD Requirements. www.publications.jrc.ec.europa.eu.
- Kansal A. and Srivastava M.B., 2003. "An Environmental Energy Harvesting Framework for Sensor Networks". In *Proceedings of the International Symposium on Low Power Electronics and Design (ISLPED)*, Seoul, Korea, August 2003.
- Kershaw, P., Katsuhiko, S., Lee, S., Leemseth, J. & Woodring, D., 2011. Plastic debris in the ocean. In *UNEP year book: emerging issues in our environment*. Nairobi: UNEP.
- Kuo, F.-J., Huang, H.-W., 2014. Strategy for mitigation of marine debris: Analysis of sources and composition of marine debris in northern Taiwan. *Mar. Pollut. Bull.* 83, 70–78.
- Kusui, T., Noda, M., 2003. International survey on the distribution of stranded and buried litter on beaches along the Sea of Japan. *Mar. Pollut. Bull.* 47, 175–179.

- Law, K. L., Moret-Ferguson, S., Maximenko, N. A., Proskurowski, G., Peacock, E. E., Hafner, J. & Reddy, C. M., 2010. Plastic Accumulation in the North Atlantic Subtropical Gyre. *Science* 329, 1185-1188.
- Laglbauer, B.J.L., Melo Franco-Santos, R., Andreu-Cazenave, M., Brunelli, L., Papadatou, M., Palatinus, A., Grego, M., Deprez, T., 2014. Macrodebris and microplastics from beaches in Slovenia. *Mar. Pollut. Bull.* 89, 356–366.
- Lazar, B. and Gračan R., 2011. Ingestion of marine debris by loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, in the Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin* 62, 43-47.
- Lee, J., Hong, S., Song, Y.K., Hong, S.H., Jang, Y.C., Jang, M., Shim, W.J., 2013. Relationships among the abundances of plastic debris in different size classes on beaches in South Korea. *Mar. Pollut. Bull.* 77, 349–354.
- Liu H., Meng Z., Cui S., 2007. “A Wireless Sensor Network Prototype for Environmental Monitoring in Greenhouses”. In *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2007. WiCom 2007. International Conference*, 2125 Sept. 2007. Page(s):2344 – 2347.
- Liu, T.-K., Wang, M.-W., Chen, P., 2013. Influence of waste management policy on the characteristics of beach litter in Kaohsiung, Taiwan. *Mar. Pollut. Bull.* 72, 99–106.
- Lopes da Silva M., Vieira de Araújo F., Oliveira Castro R., Souza Sales A., 2015. Spatial-temporal analysis of marine debris on beaches of Niterói, RJ, Brazil: Itaipu and Itacoatiara. *Mar. Pollut. Bull.* 92, 233–236.
- Macchi J.G., 2000. Il problema della misurazione delle distanze, «*Archeologia Medievale*», v. XVII, pp. 7-19.
- Macchi J.G., 2001. Sulla misurazione delle forme d'occupazione sociale dello spazio medievale, «*Archeologia Medievale*», v. XVIII, pp. 61-83.
- Macchi J.G., 2007. *Geografia dell'incastellamento. analisi spaziale della maglia dei villaggi fortificati medievali in toscana (XI-XIV sec.)*, All'Insegna del Giglio, Firenze 2007.
- Mace, T.H., 2012. At sea-detection of marine debris: Overview of technologies, processes, issues, and options. *Marine Pollution Bulletin.* 65 (1-3):23-27.
- McLuhan, 1990. *Gli strumenti del comunicare*. Arnoldo Mondadori Ed., Milano 1990.

- Mogorovich P. (2003). Sistemi informativi territoriali –appunti dalle lezioni. Relazione tecnica, Dipartimento di Informatica –Università di Pisa.
- Mouat T., Lopez-Lozano R. & Bateson H. 2010. Economic impacts of Marine litter, pp. 117: KIMO (Kommunenenes Internasjonale Miljøorganisasjon).
- Moore C.J., Moore S.L., Leecaster M.K., Weisberg S.B., 2001. A comparison of plastic and plankton in the North Pacific Central Gyre. *Mar. Pollut. Bull.* 42 (12), 1297–1300.
- Munari C., Corbau C., Simeoni U., Mistri M., 2016. Marine litter on Mediterranean shores: analysis of composition, spatial distribution and sources in north-western Adriatic beaches. *Waste management.* 49, 483-490.
- Nelms S.E., Coombes C., Foster L.C., Galloway T.S., Godley B.J., Lindeque P.K., Witt M.J., 2017. Marine anthropogenic litter on British beaches: A 10-year nationwide assessment using citizen science data. *Science of the Total Environment* 579: 1399–1409.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.137>
- Oigman-Pszczol S.S., Creed J.C., 2007. Quantification and classification of marine litter on beaches along Armacao dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil. *J. Coast. Res.* 23, 421–4 28.
- OSPAR Commission, 2010. Guideline for monitoring marine litter on the beaches in the OSPAR maritime area.
http://www.ospar.org/documents/dbase/decrecs/agreements/10-02e_beachlitter%20guideline_english%20only.pdf.
- Ozsu T, Valduriez P. 1999. Principles of Distributed Database Systems - Prentice Hall, 1999.
- Pasternak, G., Zviely, D., Ribic, C.A., Ariel, A., Spanier, E., 2017. Sources, composition and spatial distribution of marine debris along the Mediterranean coast of Israel. *Mar. Pollut. Bull.* 114, 1036–1045.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.11.023>.
- Perchards M, 2004. Study on the progress of the implementation and impact of Directive 94/62/EC on the functioning of the internal market. Interim Report. European Commission.
- Perchards M, 2005. Study on the progress of the implementation and impact of Directive 94/62/EC on the functioning of the internal market. Draft Final Report. European Commission.

- Poeta G., Battisti C., Bazzichetto M., Acosta A.T.R., 2016. The cotton buds beach: Marine litter assessment along the Tyrrhenian coast of central Italy following the marine strategy framework directive criteria. *Marine Pollution Bulletin* 113 (2016) 266–270. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.035>
- Prevenios, M., Zeri C., Tsangaris C., Liubartseva S., Fakiris E., Papatheodorou G., in press. Beach litter dynamics on Mediterranean coasts: Distinguishing sources and pathways. *Marine Pollution Bulletin* (2017). <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.013>
- Provincia di Savona, 2003. Piano di Bacino Stralcio per la tutela del rischio idrogeologico. Ambito di Bacino di rilievo regionale: Letimbro. Bacino: Quiliano.
- Provincia di Genova, 2009. Piano di Bacino Stralcio per la tutela del rischio idrogeologico. Ambiti regionali di bacino 12 e 13. Area 2 – Bacino Lerone.
- Provincia di Genova, 2009. Piano di Bacino Stralcio per la tutela del rischio idrogeologico. Ambito regionale 16. Bacino Entella-Sturla.
- Rivaro P, Grotti M, Povero P, Misic C, Castellano M, 2000. Environmental quality evaluation of Ligurian Sea coastal waters, *Annali di Chimica (Roma)*, Vol. 90:113-128.
- Rangel-Buitrago N., Williams A., Anfusod G., 2018. Killing the goose with the golden eggs: Litter effects on scenic quality of the Caribbean coast of Colombia. *Marine Pollution Bulletin* 127: 22–38. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.11.023>.
- Ryan, P. G., Moore, C. J., van Franeker, J. A. & Moloney, C. L. 2009. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 364, 1999-2012.
- Salzotti F., Valenti M., 2003. Digital maps for the study of Medieval Landscapes, in Doerr M., Sarris A. (a cura di), *The Digital Heritage of Archaeology*, CAA 2002 - Proceedings of the 30^o Conference (Heraklion, Crete, April 2002), pp. 113-118.
- Scardi M., 2001. Tecniche di analisi dei dati in ecologia. Dipartimento di Biologia, Università di Roma “Tor Vergata”: 73. <http://www.mare-net.com/mscardi>.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity and Scientific and Technical Advisory Panel GEF. 2012 Impacts of Marine Debris on Biodiversity: Current status and Potential Solutions, vol. 67, pp. 61. Montreal.

- Shaig A., 2001. "An Overview of Web based Geographic Information Systems", SIRC 2001, Dunedin, New Zealand, 2-5 Dicembre 2001, Proceedings
- Simeonova A., R. Chuturkova, V. Yaneva., 2017. Seasonal dynamics of marine litter along the Bulgarian Black Sea coast *Marine Pollution Bulletin* 119: 110–118 <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.03.035>.
- Slavin C., Grage A., Campbell M.L., 2012. Linking social drivers of marine debris with actual marine debris on beaches. *Mar. Pollut. Bull.* 64, 1580–1588.
- Smith S.D.A., Markic A., 2013. Estimates of marine debris accumulation on beaches are strongly affected by the temporal scale of sampling. *PLoS ONE* 8, e83694.
- Somerfield P.J & Clarke K.R., 1997. A comparison of some methods commonly used for the collection of sublittoral sediments and their associated fauna. *Marine Environmental Research*, 43(3): 145-156.
- STAP, 2011. Marine Debris as a Global Environmental Problem: Introducing a solutions based framework focused on plastic. In *A STAP Information Document*. , pp. 40. Washington, DC: Global Environment Facility.
- Suaria G., Avio C.G., Mineo A., Lattin G.L., Magaldi G.M., Belmonte G., Moore C.J., Regoli F. & Aliani S, 2016. The Mediterranean Plastic Soup: synthetic polymers in Mediterranean surface waters. *Scientific report* 6, Article number 37551. Doi: 10.1038/srep37551.
- Thompson R.C., Olsen Y., Mitchell R.P., Davis A., Rowland S.J., John A.W.G., McGonigle D., Russell A.E., 2004. Lost at sea: where is all the plastic? *Science* 304, 838.
- Thompson R.C., 2006. Plastic debris in the marine environment: consequences and solutions. In: Krause, J.C., Nordheim, H., Bräger, S. (Eds.), *Marine Nature*
- Thompson, R. C., La Belle B.E., Bouwman H., Neretin L., 2011. Marine Debris as a Global Environment Problem: Introducing a solutions based framework focused on plastic, *STAP Information Document*. 40 pp.
- Tunesi L, 2012. The Role Of Mapping for the Integrated Assessment of Marine Ecosystems. *Biologia Marina Mediterranea*. Vol. 19 (1):66-78
- UNEP., 2005. *Marine litter: An analytical overview*. Nairobi: UNEP.
- UNEP., 2009. *Marine Litter: A Global Challenge*, pp. 232. Nairobi: UNEP.

- UNEP MAP/MED POL, 2009. Results of the assessment of the status of marine litter in the Mediterranean. United Nations Environment Programme. Athens: UNEP/MAP.
- UNEP, FAO, 2009. Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear. 139 pp. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0620e/i0620e.pdf>.
- UNEP/IOC, 2009. Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter http://www.unep.org/regionalseas/marinelitter/publications/docs/MarineLitter_Survey_and_Monitoring_Guidelines.pdf.
- Valenti M., 2000. La piattaforma GIS dello scavo nella sperimentazione dell'Insegnamento di Archeologia Medievale dell'Università di Siena. Filosofia di lavoro e provocazioni, modello dei dati e "soluzione GIS", in Atti del I Convegno Nazionale di Archeologia Computazionale (Napoli 5-6 febbraio 1999), «Archeologia e Calcolatori», v. XI, pp. 93-109; disponibile anche in <http://archeologiamedievale.unisi.it/LIAAM/wp-content/uploads/valenti03.pdf>.
- Van Franeker J.A., Blaize C., Danielsen J., Fairclough K., Gollan J., Guse N., Hansen P.L., Heubeck M., Jensen J.K., Le Guillou G., Olsen B., Olsen K.O., Pedersen J., Stienen E.W., Turner D.M., 2011. Monitoring plastic ingestion by the northern fulmar *Fulmarus glacialis* in the North Sea. *Environ. Pollution*. 159(10): 2609-2615.
- Velander K.A., Mocogni M., 1999. Beach litter sampling strategies: is there a 'best' method? *Mar. Pollut. Bull.* 38, 1134–1140.
- Vlachogianni, T., Anastasopoulou, A., Fortibuoni, T., Ronchi, F., Zeri, Ch., 2017. Marine Litter Assessment in the Adriatic and Ionian Seas. IPA-Adriatic DeFishGear Project, MIO-ECSDE, HCMR and ISPRA. pp. 168 ISBN: 978-960-6793-25-7.
- Widmer W.M., Hennemann M.C., 2010. Marine debris in the Island of Santa Catarina, South Brazil: spatial patterns, composition, and biological aspects. *J.Coast. Res.* 26, 993–1000.
- Williams A.T., Randerson P., Di Giacomo C., Anfuso G., Macias A., Perales J.A., 2016. Distribution of beach litter along the coastline of Cádiz, Spain. *Marine Pollution Bulletin* 107: 77–87; <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.015>.
- Zarfl C., Fleet D., Fries E., Galgani F., Gerdts G., Hanke G. & Matthies M. 2011. Microplastics in oceans. *Marine Pollution Bulletin* 62, 1589-1591.

Zhao P, Yu G, Di L, 2008. Geospatial Web Services. In: Hilton BN, editore, Emerging Spatial Information Systems and Applications. Idea Group Publishing, Hershey, PA. Vol. 1:4-36.

8. SITOGRAFIA

www.marlisco.eu

www.plasticdebris.org/bibliography.html

www.kimointernational.org/FishingforLitter.aspx

<http://marinedebris.noaa.gov/>

www.wastefreeoceans.eu

<http://wastefreewaters.wordpress.com>

www.marinelittersolutions.com

http://www.seas-at-risk.org/n2_more.php?page=583&KT_back=-1

www.oceanconservancy.org/our-work/marine-debris/

www.midwayfilm.com

www.wspa-international.org/wspaswork/oceans/marinedebris/symposium/

www.flickr.com/photos/habitatnews/3506702343/lightbox/

http://www.ing.unitn.it/~grass/docs/tutorial_642/htdocs/esercitazione/R/index.html

<https://www.msu.edu/~ashton/classes/866/notes/lect17/manual.html>

http://spatial-analyst.net/wiki/index.php?title=Regression-kriging_guide

http://grasswiki.osgeo.org/wiki/V.krige_GSoC_2009

http://www.ing.unitn.it/~grass/docs/tutorial_642/htdocs/esercitazione/R/index.html

9. CODICE SVILUPPATO

9.1. ANALISI STATISTICA DEI DATI (RSTUDIO- VERSION 1.0.153)

```
setwd("F:/DOTTORATO/Analisi_statistiche/Rifiuti") ##definisco work directory

## lettura del file contenente i dati
rifiuti=read.table("rifiuti_MC.csv", sep=";", na.strings=" ", row.names=1, header=TRUE,
dec=".");
rifiuti ##visualizzazione dei dati in console

str(rifiuti) ##visualizzo struttura della matrice dati

attach(rifiuti) ## R cerca nella matrice - da ora in poi basta dare il nome della variabile

Spiaggia=factor(Spiaggia, levels =c(1,2,3,4,5),
labels=c("VAR","VAD","COG","LAV","MAR"))
Bacino=factor(Bacino, levels=c(1,2,3,4), labels=c("no","piccolo","medio","grande"))

## visualizzo la numerosità delle osservazioni secondo i livelli di ciascuna variabile
qualitativa
table(campionamento)
table(SampleID)
table(Spiaggia)
table(pressione.antropica)
table(Transetti)
table(Influenza.fiumi)
table(Stagione)
table(Bacino)

##lavoro su CCI
boxplot(CCI,xlab="CCI")
boxplot(CCI~Spiaggia,xlab="Spiaggia", ylab="CCI")
boxplot(CCI~campionamento,xlab="Campionamento", ylab="CCI")
boxplot(CCI~Stagione,xlab="Stagione", ylab="CCI")
boxplot(CCI~pressione.antropica,xlab="Presenza foci/scarichi", ylab="CCI")
boxplot(CCI~Influenza.fiumi, xlab="Influenza fiumi", ylab="CCI")
boxplot(CCI~Transetti,xlab="Transetti", ylab="CCI")
boxplot(CCI~Bacino,xlab="Bacino", ylab="CCI")
boxplot(CCI~Transetti:Spiaggia,xlab="Transetti&Spiaggia", ylab="CCI", cex.axis=0.7)
boxplot(CCI~Transetti:Bacino,xlab="Transetti&Bacino", ylab="CCI")
boxplot(CCI~Stagione:Bacino,xlab="Stagione&Bacino", ylab="CCI")
boxplot(CCI~Stagione:Spiaggia,xlab="Stagione&Spiaggia", ylab="CCI", cex.axis=0.7)

boxplot(CCI~campionamento:Bacino,xlab="Campionamento&Bacino", ylab="CCI")
boxplot(CCI~campionamento:Spiaggia,xlab="Campionamento&Spiaggia",
ylab="CCI",cex.axis=0.5)

levels(pressione.antropica)

##funzione cumulata di CCI suddivisa per livelli di FociScarichi
plot(ecdf(CCI[FociScarichi=="N"]),
pch=19,cex.axis=1.2,xlim=c(min(CCI),max(CCI)),col="blue",main="")
par(new=T) ##sovrascrivi grafico nella stessa finestra
```

```

plot(ecdf(CCI[FociScarichi=="Y"]),pch=17,cex.axis=1.2,xlim=c(min(CCI),max(CCI)),col="red",main="")
legend("bottomright",legend=c("N","Y"),pch=c(19,17),col=c("blue","red"))

##test per verificare differenza medie CCI suddivisa per livelli di Pressione antropica
CCI_Y=CCI[pressione.antropica=="Y"] ##costuisco sottoinsieme dei valori di CCI per FociScarichi=sì
CCI_N=CCI[pressione.antropica=="N"]##costuisco sottoinsieme dei valori di CCI per FociScarichi=no

mean(CCI_Y) ##calcolo media per confronto
mean(CCI_N)

var.test(CCI_Y,CCI_N) ##verifico uguaglianza della varianza nei due sottoinsieme

## test di student per verificare se la media dei valori di CCI nelle zone con impatto
## è maggiore della media dei valori per le aree non impattate
t.test(CCI_N,CCI_Y,alternative="less")

##test per verificare differenza medie CCI suddivisa per livelli di Influenza.fiumi
CCI_FY=CCI[Influenza.fiumi=="Y"] ##costuisco sottoinsieme dei valori di CCI per Influenza.fiumi=sì
CCI_FN=CCI[Influenza.fiumi=="N"]##costuisco sottoinsieme dei valori di CCI per Influenza.fiumi=no

var.test(CCI_FY,CCI_FN) ##verifico uguaglianza della varianza nei due sottoinsieme

## test di student per verificare se la media dei valori di CCI nelle zone con Fiume
## è maggiore della media dei valori per le aree non impattate
t.test(CCI_FY,CCI_FN,alternative="greater")

##test per verificare differenza medie CCI suddivisa per livelli di Stagione

levels(Stagione)

CCI_Au=CCI[Stagione=="Autunno"] ##costuisco sottoinsieme dei valori di CCI per Stagione=="Autunno"
CCI_Pr=CCI[Stagione=="Primavera"]##costuisco sottoinsieme dei valori di CCI per Stagione=="Primavera"

mean(CCI_Au) ##calcolo media per confronto
mean(CCI_Pr)

var.test(CCI_Au,CCI_Pr) ##verifico uguaglianza della varianza nei due sottoinsieme

## test di student per verificare se la media dei valori di CCI nelle zone con impatto
## è maggiore della media dei valori per le aree non impattate
t.test(CCI_Au,CCI_Pr,alternative="less")

##test per verificare differenza medie Plastica suddivisa per livelli di Influenza.fiumi
Plast_FY=Plastica...Polistirene[Influenza.fiumi=="Y"] ##costuisco sottoinsieme dei valori di Plastica per Influenza.fiumi=sì
Plast_FN=Plastica...Polistirene[Influenza.fiumi=="N"]##costuisco sottoinsieme dei valori di Plastica per Influenza.fiumi=no

var.test(Plast_FY,Plast_FN) ##verifico uguaglianza della varianza nei due sottoinsieme

```

```

t.test(Plast_FY,Plast_FN,alternative="greater")

##test per verificare differenza medie Carta suddivisa per livelli di Influenza.fiumi
Carta_FY=Carta....cartone[Influenza.fiumi=="Y"] ##costuisco sottoinsieme dei valori di
Carta per Influenza.fiumi=sì
Carta_FN=Carta....cartone[Influenza.fiumi=="N"]##costuisco sottoinsieme dei valori di
Carta per Influenza.fiumi=no

var.test(Carta_FY,Carta_FN) ##verifico uguaglianza della varianza nei due sottoinsieme

t.test(Carta_FY,Carta_FN,alternative="less")

##test per verificare differenza medie Gomma suddivisa per livelli di Influenza.fiumi
Gomma_FY=Gomma[Influenza.fiumi=="Y"] ##costuisco sottoinsieme dei valori di Carta
per Influenza.fiumi=sì
Gomma_FN=Gomma[Influenza.fiumi=="N"]##costuisco sottoinsieme dei valori di Carta
per Influenza.fiumi=no

var.test(Gomma_FY,Gomma_FN) ##verifico uguaglianza della varianza nei due
sottoinsieme

t.test(Gomma_FY,Gomma_FN,alternative="greater")

boxplot(Plastica...Polistirene~Influenza.fiumi, xlab="Influenza fiumi",
ylab="Plastica&Polistirene")
boxplot(Carta....cartone~Influenza.fiumi, xlab="Influenza fiumi", ylab="Carta&Cartone")
boxplot(Gomma~Influenza.fiumi, xlab="Influenza fiumi", ylab="Gomma")
boxplot(Tessuti~Influenza.fiumi, xlab="Influenza fiumi", ylab="Tessuti")
boxplot(Legno~Influenza.fiumi, xlab="Influenza fiumi", ylab="Legno")
boxplot(Metallo~Influenza.fiumi, xlab="Influenza fiumi", ylab="Metallo")
boxplot(Vetro...ceramica~Influenza.fiumi, xlab="Influenza fiumi", ylab="Vetro&Ceramica")
boxplot(Rifiuti.sanitari~Influenza.fiumi, xlab="Influenza fiumi", ylab="Rifiuti sanitari")
boxplot(Rifiuti.medici~Influenza.fiumi, xlab="Influenza fiumi", ylab="Rifiuti medici")

qqnorm(CCI)
qqline(CCI)
hist(CCI)
hist(log10(CCI))

shapiro.test(log10(CCI)[Spiaggia == "MAR"]) ##se significativo allora distribuzione non
normale
shapiro.test(log10(CCI)[Spiaggia == "LAV"])
shapiro.test(log10(CCI)[Spiaggia == "COG"])
shapiro.test(log10(CCI)[Spiaggia == "VAD"])
shapiro.test(log10(CCI)[Spiaggia == "VAR"])
shapiro.test(log10(CCI)[Transetti=="T1"])
shapiro.test(log10(CCI)[Transetti=="T2"])
shapiro.test(log10(CCI)[Transetti=="T3"])

levels(campionamento)
shapiro.test(log10(CCI)[campionamento=="2015_11"])

levels(Bacino)
shapiro.test(log10(CCI)[Bacino=="no"])

```

```

bartlett.test(log10(CCI)~Transetti)
bartlett.test(log10(CCI)~campionamento)
bartlett.test(log10(CCI)~Bacino)
bartlett.test(log10(CCI) ~ Spiaggia) ## testare che la loro dispersione, in termini di
deviazione standard, sia la medesima
##se p-value <0.05 allora non è uguale
##oppure uso Levene test
install.packages("lawstat")
library(lawstat)
levene.test(log10(CCI), "Spiaggia", location="mean", kruskal.test=T)

install.packages("car")
library(car)
leveneTest(log10(CCI)~Spiaggia, center="mean", kruskal.test=T)
leveneTest(log10(CCI), Spiaggia, center="median", kruskal.test=F)

##ANOVA parametric test
anova(lm(CCI~Spiaggia))
anova(lm(CCI~Transetti))
anova(lm(log10(CCI)~Spiaggia))
anova(lm(log10(CCI)~campionamento))
anova(lm(log10(CCI)~Transetti))
anova(lm(log10(CCI)~Bacino))
anova(lm(CCI~Transetti+Spiaggia)) ##a due vie senza interazione
anova(lm(CCI~Transetti*Spiaggia)) ##a due vie con interazione

a1 <- aov(log10(CCI) ~ Transetti)
anova(a1)
posthoc_a1 <- TukeyHSD(x=a1, 'Spiaggia', conf.level=0.95); posthoc_a1
posthoc_a1_T <- TukeyHSD(x=a1, 'Transetti', conf.level=0.95); posthoc_a1_T

a2 <- aov(log10(CCI) ~ Transetti*Spiaggia)
anova(a2)
posthoc_a2 <- TukeyHSD(x=a2, 'Spiaggia', conf.level=0.95); posthoc_a2
posthoc_a2_T <- TukeyHSD(x=a2, 'Transetti', conf.level=0.95); posthoc_a2_T

a3<-aov(log10(CCI)~campionamento)
anova(a3)
posthoc_a3 <- TukeyHSD(x=a3, 'campionamento', conf.level=0.95); posthoc_a3

a4<-aov(log10(CCI)~Bacino)
anova(a4)
posthoc_a4 <- TukeyHSD(x=a4, 'Bacino', conf.level=0.95); posthoc_a4

a5 <- aov(log10(CCI) ~ Stagione*Spiaggia)
anova(a5)
posthoc_a5 <- TukeyHSD(x=a5, 'Stagione', conf.level=0.95); posthoc_a5
posthoc_a5_T <- TukeyHSD(x=a5, 'Spiaggia', conf.level=0.95); posthoc_a5_T

##alternativa
modello <- lm(log10(CCI) ~ Transetti+Spiaggia)
anova(modello)
install.packages("agricolae")
library(agricolae)
HSD.test(modello, 'Spiaggia')

```

```

##ANOVA non parametric test - meglio questo non trasformando perché non sembra
seguire distribuzione normale
anova(rda(CCI~Spiaggia))
anova(rda(CCI~campionamento))
anova(rda(CCI~Transetti))
anova(rda(CCI~Transetti:Spiaggia))
anova(rda(CCI~Transetti+Spiaggia))
kruskal.test(CCI~Spiaggia) ##test kruskal wallis - se distribuzione non normale ma vera
omogeneità varianza!

##calcolo media di CCI per ciascuno dei livelli di Spiaggia
round(tapply(CCI, INDEX=Spiaggia, FUN=mean),1)

round(tapply(CCI, Spiaggia:Transetti, mean),1) ##aggiungo livelli di Spiaggia secondo
Transetti

round(tapply(CCI, list(Spiaggia,campionamento:Transetti), mean),1) ##costruisco tabella
con livelli Spiaggia come righe e campionamento&Transetto come colonne

round(tapply(CCI, INDEX=Spiaggia, FUN=median,1)) ##mediana
round(tapply(CCI, list(Spiaggia,campionamento:Transetti), median),1) ##costruisco tabella
con livelli Spiaggia come righe e campionamento&Transetto come colonne

summary(rifiuti[1:12]) ##min,Q1,mediana,media, Q3, max per ciascuna variabile

by(rifiuti[1:12],Spiaggia,summary) ##min,Q1,mediana,media, Q3, max per ciascuna
variabile secondo i livelli Spiaggia
by(rifiuti[12],Spiaggia,summary)

pairs(rifiuti[,1:12]) ##grafici correlazioni a coppie
as.dist(round(cor(rifiuti[,1:12]),2)) ## tabella correlazioni

##verifico correlazioni tra coppie di variabili (grafico XY)
plot(Plastica...Polistirene~n.tot.items,pch=19) #grafico scatterplot con n.tot sull'asse x e
Plastica sull'asse y
cor(n.tot.items,Plastica...Polistirene) ##calcolo coefficiente di correlazione tra n items e
Plastica

##grafico scatterplot evidenziando i dati per i livelli di FociScarichi
plot(n.tot.items,Plastica...Polistirene,pch=c(16,17)[as.factor(FociScarichi)],col=c("red","blu
e") [as.factor(FociScarichi)],xlim=c(min(n.tot.items),max(n.tot.items)))
abline(v=mean(n.tot.items),h=mean(Plastica...Polistirene),col="darkgreen") ### aggiunta
linee in corrispondenza del baricentro
legend("top",legend=c("N","Y"),pch=c(16,17),col=c("red","blue")) ##aggiunta legenda

##grafico scatterplot evidenziando i dati per i livelli di Spiaggia
plot(n.tot.items,Plastica...Polistirene,pch=c(16,17,15,16,18)[as.factor(Spiaggia)],col=c("red
","blue","black","orange","purple")
[as.factor(Spiaggia)],xlim=c(min(n.tot.items),max(n.tot.items)))
abline(v=mean(n.tot.items),h=mean(Plastica...Polistirene),col="darkgreen") ### aggiunta
linee in corrispondenza del baricentro
legend("bottomright",legend=c("COG","LAV","MAR","VAD","VAR"),pch=c(16,17,15,16,18),
col=c("red","blue","black","orange","purple")) ##aggiunta legenda

```

```

sapply(split(rifiuti,Spiaggia), function(X) cor(X$n.tot.items,X$Plastica...Polistirene))
##calcolo coefficiente di correlazione tra n items e Plastica suddiviso per i livelli di
Spiaggia

plot(Gomma~n.tot.items,pch=19)
sapply(split(rifiuti,Spiaggia), function(X) cor(X$n.tot.items,X$Gomma))

plot(Tessuti~n.tot.items,pch=19)
sapply(split(rifiuti,Spiaggia), function(X) cor(X$n.tot.items,X$Tessuti))

plot(Legno~n.tot.items,pch=19)
sapply(split(rifiuti,Spiaggia), function(X) cor(X$n.tot.items,X$Legno))

plot(Metallo~n.tot.items,pch=19)
sapply(split(rifiuti,Spiaggia), function(X) cor(X$n.tot.items,X$Metallo))

plot(Rifiuti.sanitari~n.tot.items,pch=19)
sapply(split(rifiuti,Spiaggia), function(X) cor(X$n.tot.items,X$Rifiuti.sanitari))

plot(Rifiuti.medici~n.tot.items,pch=19)
sapply(split(rifiuti,Spiaggia), function(X) cor(X$n.tot.items,X$Rifiuti.medici))

plot(Carta....cartone~n.tot.items,pch=19)
##grafico scatterplot evidenziando i dati per i livelli di Spiaggia
plot(n.tot.items,Carta....cartone,pch=c(16,17,15,16,18)[as.factor(Spiaggia)],col=c("red","blue",
"black","orange","purple"))
[as.factor(Spiaggia)],xlim=c(min(n.tot.items),max(n.tot.items)))
abline(v=mean(n.tot.items),h=mean(Carta....cartone),col="darkgreen") ### aggiunta linee
in corrispondenza del baricentro
legend("topright",legend=c("COG","LAV","MAR","VAD","VAR"),pch=c(16,17,15,16,18),col
=c("red","blue","black","orange","purple")) ##aggiunta legenda
sapply(split(rifiuti,Spiaggia), function(X) cor(X$n.tot.items,X$Carta....cartone))

plot(Rifiuti.sanitari~Plastica...Polistirene,pch=19)
sapply(split(rifiuti,Spiaggia), function(X) cor(X$Plastica...Polistirene,X$Rifiuti.sanitari))
plot(Plastica...Polistirene,Rifiuti.sanitari,pch=c(16,17,15,16,18)[as.factor(Spiaggia)],col=c("
red","blue","black","orange","purple"))
[as.factor(Spiaggia)],xlim=c(min(Plastica...Polistirene),max(Plastica...Polistirene)))
abline(v=mean(Plastica...Polistirene),h=mean(Rifiuti.sanitari),col="darkgreen") ###
aggiunta linee in corrispondenza del baricentro
legend("bottomright",legend=c("COG","LAV","MAR","VAD","VAR"),pch=c(16,17,15,16,18),
col=c("red","blue","black","orange","purple")) ##aggiunta legenda

plot(Vetro...ceramica~Carta....cartone,pch=19)
sapply(split(rifiuti,Spiaggia), function(X) cor(X$Vetro...ceramica,X$Carta....cartone))
plot(Carta....cartone,Vetro...ceramica,pch=c(16,17,15,16,18)[as.factor(Spiaggia)],col=c("re
d","blue","black","orange","purple"))
[as.factor(Spiaggia)],xlim=c(min(Carta....cartone),max(Carta....cartone)))
abline(v=mean(Carta....cartone),h=mean(Vetro...ceramica),col="darkgreen") ### aggiunta
linee in corrispondenza del baricentro
legend("bottomright",legend=c("COG","LAV","MAR","VAD","VAR"),pch=c(16,17,15,16,18),
col=c("red","blue","black","orange","purple")) ##aggiunta legenda

```


9.2. TRASMISSIONE DEI DATI IN REMOTO (LINGUAGGIO WIRED-ARDUINO)

9.2.1. Invio dati dei sensori+GPS al server

```
#include <Wire.h> //i2c
#include <SD.h>    //sd
#define DS1307_I2C_ADDRESS 0x68 //The I2C address of Tiny RTC
#define addressO2 97 //ossigeno
#define addressPH 99 //pH
#define addressK10 100 //k10

int TCamp= 8; //scrivere valori

byte second,
    minute,
    hour,
    day,
    month,
    year;

File file;

char aux_str[30];
char aux;

char latitude[15];
char longitude[15];

char inChar;
int index;
char inData[200];

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    Wire.begin();

    pinMode(53, OUTPUT); //imposto la sd
    pinMode(3,OUTPUT); //GPS
    pinMode(4,OUTPUT); //GPS
    pinMode(5,OUTPUT); //GPS

    Serial.print("Initializing SD card...");

    if (!SD.begin(53))
    {
        Serial.println("initialization failed!");
        return;
    }
    Serial.println("initialization done.");
    digitalWrite(5,HIGH); //Output GSM Timing
    delay(1500);
    digitalWrite(5,LOW);
    digitalWrite(3,LOW); //enable GSM TX、RX
```

```

digitalWrite(4,HIGH);//disable GPS TX、RX
Serial.println("attendere 40secondi per gps");
delay(20000);
start_GSM();
delay(5000);
start_GPS();
}

void loop()
{
  getDateDs1307();

  if (!(day == 165))
  {
    String date = "",
      time = "",
      fileDate = "";

    char fileName[15] = "";

    date = date + day + '-' + month + '-' + year;
    time = time + hour + ':' + minute + ':' + second;

    fileDate = date + ".txt";
    fileDate.toCharArray(fileName, 15);

    Serial.print("File name: ");
    Serial.println(fileName);

    int sec = second;

    if ((sec==TCamp) || (sec==TCamp*2) ||(sec==TCamp*3) ||(sec==TCamp*4))
    {
      file = SD.open(fileName, FILE_WRITE);

      //GPS
      read_GPS();
      if (file)
      {
        String data = "";
        ///////////////////////////////////////////////////////////////////
        data = "data=" + date + ';' + time + ';' + lat() + ';' + lon() + ';' + getTemp() + ';' +
getO2() + ';' + getPH() + ';' + getK10(); //manca
        ///////////////////////////////////////////////////////////////////

        file.print(data);

        file.close();

        Serial.print("AT+HTTPPARA=\"URL\", \"http://bimba.macisteweb.com/tmp/geo2.php?");
        Serial.print(data);
        Serial.println("\"");
        delay(2000);
        Serial.println("AT+HTTPACTION=0");

        Serial.println("inviato e scritto");

```

```

    }
    else
    {
        Serial.println("errore");
    }
}
else
{
    Serial.println("Time error!");
}
}

```

9.2.2.Funzione O2

```

String getO2()
{
    char DO_data[20];
    byte in_char=0;
    byte i=0;
    char *DO;
    char *sat;
    byte code=0;

    String O2dat;

    Wire.beginTransmission(addressO2);
    Wire.write('r');
    Wire.endTransmission();
    delay(1400);

    Wire.requestFrom(addressO2 , 20 , 1);
    code=Wire.read();

    if(!code==255)
    {
        while(Wire.available())
        {
            in_char = Wire.read();          //receive a byte.
            DO_data[i]= in_char;           //load this byte into our array.
            i+=1;                          //incur the counter for the array element.
            if(in_char==0)
            {
                //if we see that we have been sent a null command.
                i=0;                        //reset the counter i to 0.
                Wire.endTransmission();    //end the I2C data transmission.
                break;                     //exit the while loop.
            }
        }
        sat= strtok(DO_data, ",");
        DO= strtok(NULL, ",");
        String sDO(DO);
        String ssat(sat);
        O2dat = sDO + ';' + ssat;
    }
}

```

```

    return O2dat ;
}
else
{
    String sDO= "NCDO";
    String ssat= "NCSAT";
    O2dat = sDO + ';' + ssat;
    return O2dat ;
}
}
/*
    float DO_float;
    float sat_float;
    string  stringDO,
           stringsat;

    DO_float=atof(DO);
    sat_float=atof(sat);

    stringDO  +=String(int(DO_float))+ "."+String(getDecimal(DO_float));
    stringsat +=String(int(sat_float))+ "."+String(getDecimal(sat_float));

    O2dat = stringDO + ';' + stringsat;
*/

```

9.2.3.Funzione PH

```

String getPH()
{
    byte in_char=0;
    char ph_data[20];
    byte i=0;
    byte code=0;
    Wire.beginTransaction(addressPH);
    Wire.write('r');
    Wire.endTransmission();
    delay(1400);
    Wire.requestFrom(addressPH,20,1);
    code=Wire.read();
    if(!code==255)
    {
        while(Wire.available())
        {
            in_char = Wire.read();           //receive a byte.

            ph_data[i]= in_char;             //load this byte into our array.
            i+=1;                             //incur the counter for the array element.
            if(in_char==0)
            {
                i=0;
                Wire.endTransmission();    //end the I2C data transmission.
                break;                     //exit the while loop.
            }
        }
    }

    String sPH(ph_data);

```

```

    return sPH;
}
else
{
    String sPH= "NCPH";
    return sPH;
}
}

```

9.2.4.Funzione Temperatura

```

String getTemp()
{
    float temp = (analogRead(8) - 426.7) / 0.85;
    String stringVal=" ";

    stringVal+=String(int(temp))+ "."+String(getDecimal(temp));

    return stringVal;
}

//

```

9.2.5.Funzione Conducibilità

```

String getK10()
{
    byte in_char=0;           //used as a 1 byte buffer to store in bound bytes from the EC
    Circuit.
    byte i=0;
    char ec_data[48];
    byte code=0;
    char *ec;                 //char pointer used in string parsing.
    char *tds;
    char *sal;
    char *sg;

    String K10dat;

    Wire.beginTransaction(addressK10);
    Wire.write('r');
    Wire.endTransmission();
    delay(1400);

    Wire.requestFrom(addressK10,48,1);
    code=Wire.read();

    if(!code==255)
    {
        while(Wire.available())
        {
            in_char = Wire.read();    //receive a byte.
            ec_data[i]= in_char;      //load this byte into our array.
            i+=1;                    //incur the counter for the array element.
            if(in_char==0)

```

```

    {
        i=0;                //reset the counter i to 0.
        Wire.endTransmission(); //end the I2C data transmission.
        break;              //exit the while loop.
    }

}

ec=strtok(ec_data, ",");    //let's pars the string at each comma.
tds=strtok(NULL, ",");     //let's pars the string at each comma.
sal=strtok(NULL, ",");     //let's pars the string at each comma.
sg=strtok(NULL, ",");

String sec(ec);
//String stds(tds);
String ssal(sal);
//String ssg(sg);

K10dat = sec + ';' + ssal;

return K10dat ;
}

else
{
    String sec= "NCEC";
    String ssal= "NCSAL";
    K10dat = sec + ';' + ssal;
    return K10dat ;
}
}

```

9.2.6.Funzione GPS/GPRS

```

void start_GSM()
{
    //Configuracion GPRS Claro Argentina
    Serial.println("AT");
    delay(2000);
    Serial.println("AT+CREG?");
    delay(2000);
    Serial.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\",\"ibox.tim.it\"");
    delay(2000);
    Serial.println("AT+SAPBR=3,1,\"Contype\",\"GPRS\"");
    delay(2000);
    Serial.println("AT+SAPBR=1,1");
    delay(10000);
    Serial.println("AT+HTTPIPINIT");
    delay(2000);
    Serial.println("AT+HTTTPARA=\"CID\",1");
    delay(2000);
}

void send_GPRS()
{

```

```

Serial.print("AT+HTTPPARA=\"URL\", \"http://bimba.macisteweb.com/tmp/geo2.php?latitu
de=");
Serial.print(latitude);
Serial.print("&longitude=");
Serial.print(longitude);
Serial.println("");
delay(2000); //????????????????????????????????????????????????????????
Serial.println("AT+HTTPACTION=0"); //now GET action
delay(2000); //????????????????????????????????????????????????????????
}
void start_GPS()
{
    //Configuracion en Inicializacion GPS
    Serial.print("AT");
    delay(1000);
    Serial.println("AT+CGPSIPR=9600");// (set the baud rate)
    delay(1000);
    Serial.println("AT+CGPSPWR=1"); // (turn on GPS power supply)
    delay(1000);
    Serial.println("AT+CGPSRST=1"); // (reset GPS in autonomy mode)
    delay(10000); //delay para esperar señal del GPS
}

void read_GPS()
{
    Serial.println("AT+CGPSINF=0");
    read_String();
    strtok(inData, ",");
    strcpy(longitude, strtok(NULL, ",")); // Gets longitude
    strcpy(latitude, strtok(NULL, ",")); // Gets latitude
    convert2Degrees(latitude);
    convert2Degrees(longitude);
}

void read_String()
{
    {
        index=0;
        while(Serial.available() > 0) // Don't read unless there you know there is data
        {
            if(index < 199) // One less than the size of the array
            {
                inChar = Serial.read(); // Read a character
                inData[index] = inChar; // Store it
                index++; // Increment where to write next
                inData[index] = '\0'; // Null terminate the string
            }
        }
    }
}

int8_t convert2Degrees(char* input)
{
    {
        float deg;
        float minutes;
        boolean neg = false;
    }
}

```

```

char aux[10]; //auxiliar variable
if (input[0] == '-')
{
    neg = true;
    strcpy(aux, strtok(input+1, "."));
}
else
{
    strcpy(aux, strtok(input, "."));
}
// convert string to integer and add it to final float variable
deg = atof(aux);
strcpy(aux, strtok(NULL, '\0'));
minutes = atof(aux);
minutes /= 1000000;
if (deg < 100)
{
    minutes += deg;
    deg = 0;
}
else
{
    minutes += int(deg) % 100;
    deg = int(deg) / 100;
}

// add minutes to degrees
deg = deg + minutes / 60;
if (neg == true)
{
    deg *= -1.0;
}
neg = false;
if (deg < 0)
{
    neg = true;
    deg *= -1;
}
float numeroFloat = deg;
int parteEntera[10];
int cifra;
long numero = (long) numeroFloat;
int size = 0;
while(1)
{
    size = size + 1;
    cifra = numero % 10;
    numero = numero / 10;
    parteEntera[size - 1] = cifra;
    if (numero == 0)
    {
        break;
    }
}
int indice = 0;
if (neg) //????????????????????????????????????????????????????????????

```



```

    {
        indice++;
        input[0]='-';
    }
    for (int i=size-1; i >= 0; i--)
    {
        input[indice]=parteEntera[i]+'0';
        indice++;
    }
    input[indice]='.';
    indice++;
    numeroFloat=(numeroFloat-(int)numeroFloat);
    for (int i=1; i<=6 ; i++)
    {
        numeroFloat=numeroFloat*10;
        cifra= (long)numeroFloat;
        numeroFloat=numeroFloat-cifra;
        input[indice]=char(cifra)+48;
        indice++;
    }
    input[indice]='\0';
}
//////////
String lat()
{
    String lat(latitude);
    if(lat != "0.000000")
    {
        return lat;
    }
    else
    {
        String lat= "NCLat";
        return lat;
    }
}

String lon()
{
    String lon(longitude);
    if(lon != "0.000000")
    {
        return lon;
    }
    else
    {
        String lon= "NCLon";
        return lon;
    }
}

```

9.2.7. Funzione Tempo

```

void getDateDs1307()
{
    // Reset the register pointer

```

```

Wire.beginTransmission(DS1307_I2C_ADDRESS);
Wire.write(decToBcd(0));
Wire.endTransmission();
byte week;
Wire.requestFrom(DS1307_I2C_ADDRESS, 7);
second = bcdToDec(Wire.read() & 0x7f);
minute = bcdToDec(Wire.read());
hour = bcdToDec(Wire.read()); // Need to change this if 12 hour am/pm
week = bcdToDec(Wire.read());
day = bcdToDec(Wire.read());
month = bcdToDec(Wire.read());
year = bcdToDec(Wire.read());
}
//Convert normal decimal numbers to binary coded decimal
byte decToBcd(byte val)
{
    return ( (val/10*16) + (val%10) );
}
//Convert binary coded decimal to normal decimal numbers
byte bcdToDec(byte val)
{
    return ( (val/16*10) + (val%16) );
}

```

9.2.8. Funzione Calcolo

```

long getDecimal(float val)
{
    int intPart = int(val);
    long decPart = 1000*(val-intPart); //I am multiplying by 1000 assuming that the float
    values will have a maximum of 3 decimal places.
    //Change to match the number of decimal places you need
    if(decPart>0)return(decPart); //return the decimal part of float number if it is
    available
    else if(decPart<0)return((-1)*decPart); //if negative, multiply by -1
    else if(decPart=0)return(00); //return 0 if decimal part of float number is not
    available
}
void serialEvent()
{
    char computerdata[20];
    byte received_from_computer=0;
    byte serial_event=0;

    received_from_computer=Serial.readBytesUntil(13,computerdata,20);
    computerdata[received_from_computer]=0;
    serial_event=1;
    //usare CR
}

```

9.3. INTERPOLAZIONE SPAZIALE DEI DATI (XML-PYTHON-R VERSIONE 3.0.1)

9.3.1. GetRasterKrige.zcfg

[GetRasterKrige]

Title = Generate map interpolation with kriging

Abstract = Calculates map interpolation with kriging from area shapefile and dataset

processVersion = 1

storeSupported = true

statusSupported = true

serviceProvider = GetRasterKrige

serviceType = Python

<MetaData>

title = Test

</MetaData>

<DataInputs>

[dataset]

Title = Dataset of sampling data

Abstract = Shapefile of the dataset

minOccurs = 1

maxOccurs = 1

<MetaData>

title = My test dataset

</MetaData>

<LiteralData>

DataType = string

<Default>

</Default>

<Supported>

</Supported>

</LiteralData>

[res]

Title = Resolution for data grid interpolation

Abstract = Resolution of image calculation

minOccurs = 1

maxOccurs = 1

<MetaData>

title = My test dataset

</MetaData>

<LiteralData>

DataType = integer

<Default>

</Default>

<Supported>

</Supported>

</LiteralData>

</DataInputs>

<DataOutputs>

[map]

Title = Krige succesfully

Abstract = WPS Kriging

<MetaData>

title = My MAP Krige

</MetaData>

```

<LiteralData>
dataType = string
<Default>
</Default>
<Supported>
</Supported>
</LiteralData>
</DataOutputs>

```

9.3.2. GetRasterKrige.py

```

#!/usr/bin/env python
try:
    import uuid
    import funct
    import zipfile
    from datetime import datetime, date, time
    import rpy2.robjects as robjects
    from pyper import *
except ImportError:
    # sys.exit(_("No python library found")) # non ho testato l'errore
except ImportError:
    print "NO module found"

#-----GRASS GIS CONFIG-----#

funct.GRASSEnvConfig()
uid=uuid.uuid4()
#funct.GRASSGDBase(uid)
try:
    import grass.script as grass
except ImportError:
    print "No GRASS-python library found"

from grass.script import setup
#setup.init("/usr/lib/grass64/", "/home/fra/Dati_Univ/dbgrass", "BIMBA_WPS", "%s"%uid)
setup.init("/usr/lib/grass64/", "/var/www/data/wps/dbgrass", "BIMBA_WPS",
"PERMANENT")

#
area="/var/www/data/wps/mare_tigullio.shp" #mask input shapefile
#dataset="/var/www/data/wps/dati_2016.shp" #dataset input shapefile
# per eseguire lo script come servizio WPS i permessi delle cartelle devono essere:
dbgrass 777 o a+rx / WPS own www-data
# per eseguire lo script direttamente in python i permessi delle cartelle devono essere:
dbgrass 777 o a+rx / WPS own fra

start=datetime.now()
def GetRasterKrige(conf,inputs,outputs):

grass.run_command("v.in.ogr",dsn="%s"%area,output="area",location="Kriging",overwrite
=True,flags="o" "e" "c") #import shapefile area di lavoro e creo LOCATION/MAPSET
krige/PERMANENT
    grass.run_command("g.mapset", mapset="PERMANENT", location="Kriging",
gisdbase="/var/www/data/wps/dbgrass") #entro nella location krige

```

```

grass.run_command("v.in.ogr",dsn="%s"%inputs["dataset"]["value"],output="dataset",over
write=True,flags="o" "e") #import shapefile dataset
    res=inputs["res"]["value"]
    grass.run_command("g.region",vect="area", res="%s"%res) ### ho aggiunto
variabile res qui e all'inizio nella definizione
    #R.assign("gridRes", "%s"%res)
    try:
        #Rscript=("/var/www/data/R/script_kriging_grass.R %s"%res)
        runR("source('/var/www/data/R/script_kriging_grass.R')") #
/home/fra/Dropbox/Krige/wps/script_kriging_grass.R
    except ImportError:
        sys.exit(_("Errore nello Script R")) # non ho testato l'errore
    end=datetime.now()
    delta=(end-start)
    outputs["map"]["value"]="Interpolazione terminata correttamente in %s"%delta)
    return 3 #outputs["min_value"]["value"]="Interpolazione terminata correttamente")

```

9.3.3.KrigingGrass.R

```

###
Script di R per l'algoritmo Kriging per la generazione di mappe di interpolazione a partire
da dati di input (dataset) in formato shapefile.
###
args <- commandArgs(TRUE) #per far accettare allo script di R dei parametri
#install.packages(c("rgdal","maptools","gstat","sp","spgrass6")) #da eseguire in R solo la
prima volta
library(rgdal)
library(maptools)
library(gstat)
library(sp)
library(spgrass6)

setwd("/home/sara/Dropbox/Krige/bimba/")
area<="/var/www/data/wps/mare_tigullio.shp" #mask input shapefile
##dataset<="/var/www/data/wps/dati_2016.shp" #dataset input shapefile

setwd("/var/www/tmp/wps/dbgrass/") # Work directory set
data<-readVECT6("dataset", ignore.stderr=TRUE) ## inserire variabile dati input
#proj4string(data)=CRS("+proj=utm +zone=32 +datum=WGS84 +units=m
+no_defs +ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0")
border<-readVECT6("area", ignore.stderr=TRUE) ## inserire variabile maschera
input (predefinita, envelope, altro)
#proj4string(border)=CRS("+proj=utm +zone=32 +datum=WGS84 +units=m
+no_defs +ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0")

vals <- border@bbox
deltaLong <- as.integer((vals[1,2] - vals[1,1]) + 1.5)
deltaLat <- as.integer((vals[2,2] - vals[2,1]) + 1.5)
#gridRes <-as.integer(args[1]) #parametro da passare allo script di R
gridRes <-10 #risoluzione del calcolo
gridSizeX <- deltaLong / gridRes
gridSizeY <- deltaLat / gridRes
grd <- GridTopology(vals[,1],c(gridRes,gridRes),c(gridSizeX,gridSizeY))
pts <- SpatialPoints(coordinates(grd))

```

```

pts1 <- SpatialPointsDataFrame(as.data.frame(pts),
data=as.data.frame(rep(1,nrow(as.data.frame(pts)))))
Overlay=overlay(pts1,border)
pts1$border=Overlay
nona<-na.exclude(as.data.frame(pts1))
coordinates(nona)=~x+y
gridded(nona) <- TRUE
proj4string(nona)=CRS("+proj=utm +zone=32 +datum=WGS84 +units=m +no_defs
+ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0")
writeAsciiGrid(nona,"prediction_grid.asc")
#print(proj4string(nona))
mod<-vgm(psill=var(data$t),model="Lin")
fit_ols<-fit.variogram(variogram(t~1,data),model=mod,fit.method=6)
variogram<-plot(variogram(t~1,data),fit_ols,main="OLS Model")
jpeg("Variogram.jpg",800,600)
plot(variogram)
dev.off()

map<-krige(t~1,data,model=fit_ols,newdata=nona)
#map2<-krige(t~1,data,model=fit_ols,newdata=nona)
#dev.capabilities()

#spplot(map,"var1.pred",col.regions=terrain.colors(50))
#image(map,"var1.pred",col.regions=terrain.colors(50),main="Prediction Map",useRaster)
#image(map,"var1.var",col=rainbow(30),main="Error Map",useRaster)
#rasterImage(a)

#scrivo mappa interpolazione come file jpeg e asciGRID
jpeg(file="Prediction_Map_Tigullio.jpg",800,600, quality = 100)
image(map,"var1.pred",col=topo.colors(10),main="Prediction Map")
dev.off()
proj4string(map)=CRS("+proj=utm +zone=32 +datum=WGS84 +units=m +no_defs
+ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0")
writeAsciiGrid(map[1],"var1.pred.asc")

#scrivo mappa interpolazione come file jpeg e asciGRID
jpeg("Error_Map_Tigullio.jpg",800,600, quality = 100)
image(map,"var1.var",col=rainbow(10),main="Error Map")
dev.off()
proj4string(map)=CRS("+proj=utm +zone=32 +datum=WGS84 +units=m +no_defs
+ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0")
writeAsciiGrid(map[2],"var1.error.asc")

writeRAST6(map,"Prediction_Map_Tigullio",overwrite=TRUE) #con overwrite
writeRAST6(map,"error_Tigullio",overwrite=TRUE) #con overwrite

```

9.4. ELABORAZIONE DATI IN TEMPO REALE (HTSQL-HTML)

```
<html>
<head>
  <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
  <title>Report dati HTSQL Marine litter</title>
  <script type="text/javascript"
    src="http://www.remare.org/htsql-report/htraf/htraf.js"
    data-htsql-version="2"
    data-htsql-prefix="/htsql_bimba/"></script>
</head>
<body>
<table align="center"><tr><td>
<br/>
<div style="width: 550px; height: 400px;"
  data-htsql="//distinct(vista_rifiuti_totali{categoria,numerorifiuti}){*}"
  "
    data-widget="chart"
    data-type="pie"
    data-yint="true"
    data-title="Numero complessivo rifiuti censiti"></div>
</td></tr></table>
<br/>
<table align="center"><tr><td>
<p>Seleziona la spiaggia: <select data-
htsql="//distinct(vista_rifiuti_categorie{spiaggia})" id="amp"></select></p>
<div style="width: 550px; height: 600px;"
  data-htsql="
//distinct(vista_rifiuti_categorie{categoria,numerorifiuti}?(spiaggia=$amp))
"
    data-ref="amp"
    data-widget="chart"
    data-type="bar"
    data-yint="true"
    data-x-vertical="true"
    data-title="Numero rifiuti censiti per categoria "></div>
<br/>
</td></tr></table>
<table align="center"><tr><td>
<p>Seleziona la spiaggia: <select data-
htsql="//distinct(vista_rifiuti_categorie{spiaggia})" id="amp2"></select></p>
<div style="width: 550px; height: 600px;"
  data-htsql="
//distinct(vista_rifiuti_microcategorie{idcategoriarifiuto,numerorifiuti}?(spiaggia=$amp2))
"
    data-ref="amp2"
    data-widget="chart"
    data-type="bar"
    data-yint="true"
    data-x-vertical="true"
    data-title="Numero rifiuti censiti per microcategoria "></div>
<br/>
</td></tr></table>
</body>
</html>
```

10. ALLEGATI

ALLEGATO 1- SCHEDA IDENTIFICATIVA DELLA SPIAGGIA

SCHEDA IDENTIFICATIVA DELLA SPIAGGIA				
Codice ID della spiaggia		Data		
Operatore				
1. Località geografica:				
Nome della spiaggia				
Provincia /Comune /Località				
Coordinate del tratto di spiaggia (GG°,GGGGG)				
Inizio LAT	Inizio LONG	Fine LAT	Fine LONG	
Lunghezza complessiva del tratto di spiaggia indagato (porzioni più intervallo)				
2. Porzioni di spiaggia (33 m ciascuna) campionate				
Porzione 1	Inizio LAT	Inizio LONG	Fine LAT	Fine LONG
Larghezza della porzione				
Porzione 2	Inizio LAT	Inizio LONG	Fine LAT	Fine LONG
Larghezza della porzione				
Porzione 3	Inizio LAT	Inizio LONG	Fine LAT	Fine LONG
Larghezza della porzione				
3. Tipologia della spiaggia:				
spiaggia limitrofa ad aree urbanizzate		Si no		
nome della/e città, paese	città 1:	città 2		
distanza dall'area di campionamento (km)				
spiaggia limitrofa a foci fluviali o scarichi di acque		si no		
nome dei fiumi /scarichi	fiume 1	fiume 2		
distanza dall'area di campionamento (km)				
spiaggia limitrofa a porti		si no		
nome dei porti più vicini	porto 1	porto 2		
distanza dall'area di campionamento (km)				
spiaggia limitrofa a siti industriali/discardiche		si no		
nome dei siti più vicini				
distanza dall'area di campionamento (km)				
presenza di stabilimenti/chioschi alle spalle		si no		
spiaggia ad uso balneare		si no		
accesso	veicoli	pedonale	barche	
remota				
altro				
4. Caratteristiche della spiaggia:				
sabbia	%			
ciottoli	%			
costa rocciosa	%			
pendenza	%			
5. Altre informazioni				
Sono stato raccolto i rifiuti durante questo rilevamento?		si no		
Data ultima pulitura della spiaggia gg/mm/yyyy				
Eventuali eventi che abbiano influenzato il rilevamento				
NOTE (riportare le osservazioni che possono fornire indicazioni circa le principali sorgenti di marine litter presenti nell'area. A titolo di esempio: presenza di numerose reste per la coltivazione di mitili, oppure di numerosi vasi in plastica utilizzati nelle attività vivaistiche)				

ALLEGATO 2 – ELENCO CATEGORIE OGGETTI

Valore	Descrizione	MacroCategoria
IT1	Buste, shopper, buste immondizia/ piccoli sacchetti di plastica, ad es, sacchetti freezer/ parte centrale rotolo a strappo di buste di plastica	Plastica e Polistirene
IT2	Flaconi e contenitori di prodotti cosmetici (creme solari)/ bottiglie e contenitori di detersivi e detergenti	Plastica e Polistirene
IT3	Bottiglie e contenitori di olio motore	Plastica e Polistirene
IT4	Parti di auto e moto	Plastica e Polistirene
IT5	Accendini	Plastica e Polistirene
IT6	Penne e/o loro cappuccio	Plastica e Polistirene
IT7	Cannucce e agitatori (bar)/ posate/ piatti di plastica/ bicchieri di plastica e coperchi/ sacchetti di patatine, dolciumi/ anelli di plastica di tappi di bottiglia/ tappi e coperchi/ contenitori per alimenti (es. porta hamburger)/ bottiglie per bevande e contenitori/ imballaggi porta lattine da 4/6 anelli/ stecchi di leccalecca	Plastica e Polistirene
IT8	Guanti (guanti di gomma industriale/ professionale)/ guanti uso domestico	Plastica e Polistirene
IT9	Parabordi/galleggianti/ boe	Plastica e Polistirene
IT10	Fascette plastiche per giardinaggio/vivai/ fascette e bande plastiche imballaggi	Plastica e Polistirene
IT11	Scarpe/sandali/ occhiali/occhiali da sole/ pettini/ spazzole per capelli	Plastica e Polistirene
IT12	Spugna sintetica/caschi/elmetti/ fibre di vetro/ imballaggi industriali, teli di plastica/ sacchi a rete per vegetali (es. patate, arance)/ sacchi di fertilizzanti/ mangimi per animali	Plastica e Polistirene
IT13	CD/involucro CD/ tubi luminosi fosforescenti (tubi con liquido)/ giocattoli o parti di essi	Plastica e Polistirene
IT14	Vasi in plastica/ secchi/ cassette e ceste/ taniche (contenitori di plastica con maniglia)	Plastica e Polistirene
IT15	Scatole e cassette per il pesce in polistirolo	Plastica e Polistirene
IT16	Contenitori in plastica per esche/ fili e lenze da pesca in nylon (pesca)/ /scatole e cassette per il pesce in plastica/ reti e pezzi di rete/ corde e cime	Plastica e Polistirene
IT17	Panieri e cestelli per la coltivazione di ostriche/ reti o sacchi per mitili o ostriche (calze)/ targhette di plastica usate in acquacoltura o pesca/ nasse	Plastica e Polistirene
IT18	Altri oggetti di polistirolo	Plastica e Polistirene
IT19	Altre oggetti di plastica	Plastica e Polistirene
IT20	Palloncini gonfiabili, inclusi valvole, nastri, cordini/ palloni	Gomma
IT21	Stivali, calosce	Gomma
IT22	Pneumatici/ camere d'aria	Gomma
IT23	Elastici (uso domestico/postale)	Gomma
IT24	Altri pezzi di gomma	Gomma
IT25	Tappezzeria/moquette/ sacchi di juta/ tela	Tessuti
IT26	Zaini e borse/ scarpe e sandali/ abbigliamento (abbigliamento/cappelli/asciugamano)	Tessuti
IT27	Altri prodotti tessili	Tessuti
IT28	Buste/sacchetti di carta	Carta cartone
IT29	Cartoni/ giornali e riviste/ frammenti di carta	Carta cartone
IT30	Contenitori Tetrapack/ bicchieri/ tazze di carta, vaschette per alimenti	Carta cartone
IT31	Pacchetti di sigarette o parti	Carta cartone

Valore	Descrizione	MacroCategoria
IT32	Mozziconi di sigaretta e filtri	Carta cartone
IT33	Altri articoli di carta	Carta cartone
IT34	Tappi di sughero	Legno
IT35	Cassette	Legno
IT36	Bastoncini stecco ghiaccioli	Legno
IT37	Altro legno lavorato/trasformato/ pallets/ manufatti	Legno
IT38	Bombolette spray	Metallo
IT39	Tappi di bottiglie/coperchi/ lattine bevande/ barattoli o lattine alimentari/Vaschette e carta di alluminio (carta stagnola)	Metallo
IT40	Apparecchi elettrici/ elettrodomestici/ batteria auto/ moto/ camion/ cavi	Metallo
IT41	Piombi/pesi da pesca/ami	Metallo
IT42	Rottami/scarti industriali	Metallo
IT43	Fusti, bombole, barili, bidoni, latte di olio	Metallo
IT44	Bidone, barattoli, latte di vernice	Metallo
IT45	Filo, rete metallica, filo spinato	Metallo
IT46	Batterie uso domestico	Metallo
IT47	Altri pezzi di metallo	Metallo
IT48	Bottiglie/ piatti e tazze/ barattoli	Vetro/ceramica
IT49	Lampadine tubi fluorescenti	Vetro/ceramica
IT50	Materiale da costruzione (calcinacci,mattoni)	Vetro/ceramica
IT51	Altri articoli di vetro/ceramica	Vetro/ceramica
IT52	Preservativi	Rifiuti sanitari
IT53	Cotton fioc bastoncini	Rifiuti sanitari
IT54	Assorbenti igienici slip/ rivestimenti/ supporto strisce/ pannolini/ tamponi e applicatori di tamponi	Rifiuti sanitari
IT55	Altri articoli sanitari	Rifiuti sanitari
IT56	Contenitori/ tubi/ blister medicinali	Rifiuti medici
IT57	Siringhe/ aghi	Rifiuti medici
IT58	Altri articoli medicali (tamponi, bendaggi, ecc)	Rifiuti medici
IT59	Escrementi di cane in sacchetto	Feci

ALLEGATO 3 - SCHEDA RILEVAMENTO RIFIUTI SULLA SPIAGGIA

[illegible]

ALLEGATO 4 – RISULTATI MONITORAGGI RIFIUTI

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
COG. T1	124		464	38	133	1112	4	4	39	2	1920
10_2016	88		61	1	30	142		2	4		328
Ponente foce T.Lerone	88		61	1	30	142		2	4		328
IT1						1					1
IT12						15					15
IT16						9					9
IT18						3					3
IT19						77					77
IT24			61								61
IT26									1		1
IT27									3		3
IT29	1										1
IT32	83										83
IT33	4										4
IT34				1							1
IT39					11						11
IT40					5						5
IT47					14						14
IT53								1			1
IT55								1			1
IT6						2					2
IT7						34					34
IT9						1					1
11_2015	26		138	4	30	253			21	1	473
Ponente foce T.Lerone	26		138	4	30	253			21	1	473
IT10						10					10
IT12						17					17
IT13						5					5
IT16						8					8
IT18						7					7
IT19						170					170
IT2						3					3
IT21			1								1
IT23			1								1
IT24			136								136
IT25									6		6
IT26									6		6
IT27									9		9
IT32	19										19
IT33	7										7

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT34				2							2
IT37				2							2
IT38					2						2
IT39					10						10
IT40					3						3
IT42					2						2
IT45					4						4
IT47					9						9
IT48										1	1
IT5						1					1
IT6						3					3
IT7						29					29
3_2016	3		36	30	41	513	3	2	1		629
Ponente foce T.Lerone	3		36	30	41	513	3	2	1		629
IT1						1					1
IT10						1					1
IT11						9					9
IT12						27					27
IT13						6					6
IT14						4					4
IT16						5					5
IT18						8					8
IT19						345					345
IT2						4					4
IT24			36								36
IT27									1		1
IT3						5					5
IT30	1										1
IT32	1										1
IT33	1										1
IT37				30							30
IT38					1						1
IT39					12						12
IT40					1						1
IT41					3						3
IT42					1						1
IT47					23						23
IT5						16					16
IT52								1			1
IT55								1			1
IT56							2				2
IT58							1				1
IT6						6					6

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT7						76					76
3_2017	7		229	3	32	204	1		13	1	490
Ponente foce T.Lerone	7		229	3	32	204	1		13	1	490
IT10						7					7
IT11						3					3
IT12						1					1
IT18						2					2
IT19						181					181
IT2						2					2
IT20			3								3
IT22			1								1
IT23			2								2
IT24			223								223
IT25									1		1
IT26									2		2
IT27									10		10
IT29	5										5
IT3						5					5
IT32	1										1
IT33	1										1
IT34				3							3
IT39					4						4
IT40					5						5
IT42					1						1
IT47					22						22
IT5						2					2
IT51										1	1
IT56							1				1
IT8						1					1
COG.T2	23	1	48	3	43	310	3		11	7	449
10_2016	4		2	1	8	12	1			4	32
Ponente foce T.Lerone	4		2	1	8	12	1			4	32
IT16						2					2
IT18						1					1
IT19						5					5
IT24			2								2
IT31	1										1
IT32	3										3
IT34				1							1
IT40					1						1
IT41					1						1

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT47					6						6
IT50										3	3
IT51										1	1
IT56							1				1
IT7						4					4
11_2015	9	1	4		6	25			7		52
Ponente foce T.Lerone	9	1	4		6	25			7		52
IT1						1					1
IT10						2					2
IT12						1					1
IT16						2					2
IT18						4					4
IT19						10					10
IT20			1								1
IT22			1								1
IT24			2								2
IT26									3		3
IT27									4		4
IT31	3										3
IT32	4										4
IT33	2										2
IT40					2						2
IT45					2						2
IT47					2						2
IT59		1									1
IT7						5					5
3_2016	8		23	2	19	228	2		2	1	285
Ponente foce T.Lerone	8		23	2	19	228	2		2	1	285
IT10						1					1
IT12						23					23
IT13						2					2
IT19						186					186
IT2						1					1
IT23			3								3
IT24			20								20
IT25									1		1
IT26									1		1
IT29	2										2
IT32	6										6
IT34				1							1
IT37				1							1

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT39					2						2
IT40					2						2
IT45					1						1
IT47					14						14
IT48										1	1
IT56							1				1
IT58							1				1
IT7						15					15
3_2017	2		19		10	45			2	2	80
Ponente foce T.Lerone	2		19		10	45			2	2	80
IT1						2					2
IT10						2					2
IT11						1					1
IT12						1					1
IT13						1					1
IT19						36					36
IT2						1					1
IT24			19								19
IT26									1		1
IT27									1		1
IT32	1										1
IT33	1										1
IT39					2						2
IT40					1						1
IT47					7						7
IT51										2	2
IT7						1					1
COG.T3	16	1	12	1	51	72	2			4	159
10_2016	4	1	1		13	19	1				39
Ponente foce T.Lerone	4	1	1		13	19	1				39
IT1						7					7
IT11						1					1
IT12						1					1
IT16						3					3
IT18						3					3
IT19						1					1
IT24			1								1
IT29	3										3
IT32	1										1
IT39					1						1
IT40					1						1

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT42					3						3
IT47					8						8
IT57							1				1
IT59		1									1
IT7						3					3
11_2015	9		2		8	15				1	35
Ponente foce T.Lerone	9		2		8	15				1	35
IT10						2					2
IT12						1					1
IT18						7					7
IT19						3					3
IT24			2								2
IT32	9										9
IT42					3						3
IT47					5						5
IT50										1	1
IT7						2					2
3_2016			2	1	21	7	1				32
Ponente foce T.Lerone			2	1	21	7	1				32
IT18						3					3
IT19						4					4
IT24			2								2
IT37				1							1
IT40					1						1
IT47					20						20
IT57							1				1
3_2017	3		7		9	31				3	53
Ponente foce T.Lerone	3		7		9	31				3	53
IT1						4					4
IT10						1					1
IT12						2					2
IT16						1					1
IT18						3					3
IT19						18					18
IT24			7								7
IT32	2										2
IT33	1										1
IT39					1						1
IT40					3						3
IT47					5						5

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT48										1	1
IT50										2	2
IT7						2					2
LAV.T1	50		19		40	631	14		60	5	819
10_2016	8		2		9	32	1			1	53
Lavagna- dinanze piscine	8		2		9	32	1			1	53
IT12						1					1
IT13						1					1
IT16						1					1
IT19						22					22
IT24			2								2
IT32	5										5
IT33	3										3
IT40					6						6
IT47					3						3
IT50										1	1
IT58							1				1
IT7						7					7
11_2015	5		4		11	185	2		18	1	226
Lavagna- dinanze piscine	5		4		11	185	2		18	1	226
IT1						3					3
IT10						4					4
IT12						2					2
IT13						5					5
IT16						2					2
IT19						118					118
IT20			1								1
IT23			1								1
IT24			2								2
IT27									18		18
IT32	2										2
IT33	3										3
IT39					1						1
IT40					2						2
IT45					4						4
IT47					4						4
IT50										1	1
IT58							2				2
IT7						51					51
3_2016	33		5		19	221	2		24	3	307
Lavagna- dinanze	33		5		19	221	2		24	3	307

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
piscine											
IT1						2					2
IT10						2					2
IT12						5					5
IT13						5					5
IT16						1					1
IT19						157					157
IT2						2					2
IT24			5								5
IT25									7		7
IT26									3		3
IT27									14		14
IT29	16										16
IT30	1										1
IT31	1										1
IT32	10										10
IT33	5										5
IT4						1					1
IT40					8						8
IT45					3						3
IT47					8						8
IT51										3	3
IT58							2				2
IT7						46					46
3_2017	4		8		1	193	9		18		233
Lavagna- dinanze piscine	4		8		1	193	9		18		233
IT1						1					1
IT10						2					2
IT12						2					2
IT13						1					1
IT19						170					170
IT20			1								1
IT23			1								1
IT24			6								6
IT26									5		5
IT27									13		13
IT32	4										4
IT47					1						1
IT56							9				9
IT7						17					17
LAV.T2	21		3	2	27	189	6		18	1	267
10_2016	5		1		4	16	4				30
Lavagna-	5		1		4	16	4				30

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
dinanzi piscine											
IT1						7					7
IT12						1					1
IT16						1					1
IT19						4					4
IT20			1								1
IT32	5										5
IT40					2						2
IT47					2						2
IT56							1				1
IT58							3				3
IT7						3					3
11_2015	1				6	33	1		6	1	48
Lavagna- dinanzi piscine	1				6	33	1		6	1	48
IT19						24					24
IT26									2		2
IT27									4		4
IT32	1										1
IT40					2						2
IT45					3						3
IT47					1						1
IT51										1	1
IT56							1				1
IT7						9					9
3_2016	6			1	6	70			8		91
Lavagna- dinanzi piscine	6			1	6	70			8		91
IT1						1					1
IT10						2					2
IT14						1					1
IT16						1					1
IT18						9					9
IT19						34					34
IT27									8		8
IT29	2										2
IT32	4										4
IT37				1							1
IT4						2					2
IT40					1						1
IT46					4						4
IT47					1						1
IT7						20					20

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
3_2017	9		2	1	11	70	1		4		98
Lavagna- dinanze piscine	9		2	1	11	70	1		4		98
IT16						1					1
IT18						10					10
IT19						44					44
IT23			2								2
IT27									4		4
IT29	4										4
IT31	1										1
IT32	3										3
IT33	1										1
IT34				1							1
IT40					1						1
IT42					1						1
IT47					9						9
IT56							1				1
IT7						15					15
LAV.T3	66		1	2	25	123	1		4	7	229
10_2016	2				9	9					20
Lavagna- dinanze piscine	2				9	9					20
IT1						3					3
IT19						2					2
IT32	1										1
IT33	1										1
IT40					5						5
IT47					4						4
IT6						1					1
IT7						3					3
11_2015					1	10				6	17
Lavagna- dinanze piscine					1	10				6	17
IT10						1					1
IT16						2					2
IT19						3					3
IT2						2					2
IT47					1						1
IT50										3	3
IT51										3	3
IT7						2					2
3_2016	54		1	1	6	53	1		1		117
Lavagna-	54		1	1	6	53	1		1		117

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
dinanzi piscine											
IT1						3					3
IT18						4					4
IT19						29					29
IT2						1					1
IT24			1								1
IT27									1		1
IT28	1										1
IT29	13										13
IT31	1										1
IT32	35										35
IT33	4										4
IT37				1							1
IT39					3						3
IT47					3						3
IT58							1				1
IT7						15					15
IT8						1					1
3_2017	10			1	9	51			3	1	75
Lavagna- dinanzi piscine	10			1	9	51			3	1	75
IT1						2					2
IT10						1					1
IT13						1					1
IT18						5					5
IT19						36					36
IT26									3		3
IT28	1										1
IT29	5										5
IT32	4										4
IT34				1							1
IT39					4						4
IT40					2						2
IT47					3						3
IT51										1	1
IT7						6					6
MAR.T1	151	3	11	5	51	2460	14	43	48	13	2799
10_2016	36		4	2	8	381	5		7	2	445
Levante foce F. Magra	36		4	2	8	381	5		7	2	445
IT1						27					27
IT10						3					3
IT11						1					1

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT12						21					21
IT13						4					4
IT14						4					4
IT16						1					1
IT18						37					37
IT19						222					222
IT2						7					7
IT20			2								2
IT24			2								2
IT26									1		1
IT27									6		6
IT29	15										15
IT3						1					1
IT32	21										21
IT36				1							1
IT37				1							1
IT39					7						7
IT45					1						1
IT48										2	2
IT56							4				4
IT58							1				1
IT6						1					1
IT7						52					52
11_2015	49		2	2	8	338	2		12	5	418
Levante foce F. Magra	49		2	2	8	338	2		12	5	418
IT1						4					4
IT10						1					1
IT12						16					16
IT13						2					2
IT14						1					1
IT16						4					4
IT18						34					34
IT19						229					229
IT2						5					5
IT24			2								2
IT25									1		1
IT26									5		5
IT27									6		6
IT28	1										1
IT29	6										6
IT30	1										1
IT32	38										38
IT33	3										3

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT37				2							2
IT39					7						7
IT4						1					1
IT40					1						1
IT50										2	2
IT51										3	3
IT56							1				1
IT57							1				1
IT6						1					1
IT7						40					40
3_2016	30	1	2		30	1334	4	41	14	6	1462
Levante foce F. Magra	30	1	2		30	1334	4	41	14	6	1462
IT1						78					78
IT10						9					9
IT11						1					1
IT12						98					98
IT13						1					1
IT14						15					15
IT16						9					9
IT18						110					110
IT19						724					724
IT2						9					9
IT24			2								2
IT26									1		1
IT27									13		13
IT28	2										2
IT29	2										2
IT30	21										21
IT31	5										5
IT38					3						3
IT39					5						5
IT45					22						22
IT48										4	4
IT50										2	2
IT54								4			4
IT55								37			37
IT56							3				3
IT58							1				1
IT59		1									1
IT6						1					1
IT7						279					279
3_2017	36	2	3	1	5	407	3	2	15		474
Levante	36	2	3	1	5	407	3	2	15		474

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
foce F. Magra											
IT1						48					48
IT10						3					3
IT12						25					25
IT13						2					2
IT14						5					5
IT16						9					9
IT18						36					36
IT19						178					178
IT2						9					9
IT22			1								1
IT24			2								2
IT25									1		1
IT26									2		2
IT27									12		12
IT28	1										1
IT29	5										5
IT3						1					1
IT31	3										3
IT32	24										24
IT33	3										3
IT34				1							1
IT39					4						4
IT40					1						1
IT53								1			1
IT54								1			1
IT56							2				2
IT57							1				1
IT59		2									2
IT6						2					2
IT7						89					89
MAR.T2	57	1	6	4	31	1685	27	11	22	10	1854
10_2016	11		1		2	223	1	2	4	2	246
Levante foce F. Magra	11		1		2	223	1	2	4	2	246
IT1						9					9
IT10						1					1
IT12						4					4
IT13						1					1
IT14						7					7
IT16						3					3
IT18						21					21
IT19						130					130

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT2						1					1
IT24			1								1
IT26									1		1
IT27									3		3
IT32	5										5
IT33	6										6
IT39					2						2
IT48										2	2
IT54								2			2
IT56							1				1
IT6						1					1
IT7						45					45
11_2015	24		4	1	17	454	25	1	7	5	538
Levante foce F. Magra	24		4	1	17	454	25	1	7	5	538
IT1						24					24
IT10						4					4
IT11						1					1
IT12						33					33
IT13						2					2
IT14						1					1
IT16						5					5
IT18						29					29
IT19						295					295
IT2						1					1
IT24			4								4
IT26									3		3
IT27									4		4
IT29	1										1
IT31	1										1
IT32	19										19
IT33	3										3
IT35				1							1
IT39					11						11
IT40					2						2
IT44					1						1
IT47					3						3
IT48										4	4
IT51										1	1
IT54								1			1
IT56							23				23
IT57							1				1
IT58							1				1
IT7						59					59

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
3_2016	14			2	7	808	1	7	6	2	847
Levante foce F. Magra	14			2	7	808	1	7	6	2	847
IT1						96					96
IT10						1					1
IT11						12					12
IT12						5					5
IT18						55					55
IT19						435					435
IT2						6					6
IT26									1		1
IT27									5		5
IT29	4										4
IT3						1					1
IT31	2										2
IT32	7										7
IT33	1										1
IT37				2							2
IT38					2						2
IT39					2						2
IT4						125					125
IT40					2						2
IT45					1						1
IT48										1	1
IT50										1	1
IT52								1			1
IT54								2			2
IT55								4			4
IT56							1				1
IT7						1					1
IT8						2					2
IT9						69					69
3_2017	8	1	1	1	5	200		1	5	1	223
Levante foce F. Magra	8	1	1	1	5	200		1	5	1	223
IT1						12					12
IT10						6					6
IT11						1					1
IT12						8					8
IT13						3					3
IT14						2					2
IT15						4					4
IT16						3					3

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT18						17					17
IT19						103					103
IT2						3					3
IT24			1								1
IT27									5		5
IT29	1										1
IT32	6										6
IT33	1										1
IT37				1							1
IT39					3						3
IT40					1						1
IT47					1						1
IT48										1	1
IT54								1			1
IT59		1									1
IT7						36					36
IT8						2					2
MAR.T3	104	2	31	9	54	3635	41	27	78	16	3997
10_2016	21	1	7	4	5	1071	10	7	15	4	1145
Levante foce F. Magra	21	1	7	4	5	1071	10	7	15	4	1145
IT1						17					17
IT10						4					4
IT12						16					16
IT14						14					14
IT16						3					3
IT18						15					15
IT19						809					809
IT2						18					18
IT20			2								2
IT22			3								3
IT24			2								2
IT26									5		5
IT27									10		10
IT28	1										1
IT31	1										1
IT32	16										16
IT33	3										3
IT34				1							1
IT37				3							3
IT39					4						4
IT4						1					1
IT40					1						1
IT48										4	4

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT54								6			6
IT55								1			1
IT56							7				7
IT57							1				1
IT58							2				2
IT59		1									1
IT6						3					3
IT7						171					171
11_2015	28		14	1	19	1016	24	5	20	6	1133
Levante foce F. Magra	28		14	1	19	1016	24	5	20	6	1133
IT1						9					9
IT10						1					1
IT11						1					1
IT12						30					30
IT13						4					4
IT16						13					13
IT18						22					22
IT19						823					823
IT2						4					4
IT20			1								1
IT22			1								1
IT23			4								4
IT24			8								8
IT26									6		6
IT27									14		14
IT29	2										2
IT3						4					4
IT30	1										1
IT31	2										2
IT32	21										21
IT33	2										2
IT34				1							1
IT39					11						11
IT40					6						6
IT45					1						1
IT47					1						1
IT50										6	6
IT54								3			3
IT55								2			2
IT56							22				22
IT57							1				1
IT58							1				1
IT7						104					104

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT8						1					1
3_2016	33		10	2	26	1014	4	9	39	1	1138
Levante foce F. Magra	33		10	2	26	1014	4	9	39	1	1138
IT1						79					79
IT10						7					7
IT11						5					5
IT12						93					93
IT13						4					4
IT14						12					12
IT16						12					12
IT18						76					76
IT19						611					611
IT2						14					14
IT20			1								1
IT21			3								3
IT24			6								6
IT25									5		5
IT26									3		3
IT27									31		31
IT3						33					33
IT30	1										1
IT31	3										3
IT32	2										2
IT33	27										27
IT34				1							1
IT37				1							1
IT38					1						1
IT39					20						20
IT4						1					1
IT40					4						4
IT45					1						1
IT5						1					1
IT50										1	1
IT52								1			1
IT53								2			2
IT54								1			1
IT55								5			5
IT56							4				4
IT6						2					2
IT7						63					63
IT8						1					1
3_2017	22	1		2	4	534	3	6	4	5	581
Levante	22	1		2	4	534	3	6	4	5	581

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
foce F. Magra											
IT1						17					17
IT10						12					12
IT12						1					1
IT13						7					7
IT14						3					3
IT16						2					2
IT18						31					31
IT19						336					336
IT2						13					13
IT25									2		2
IT27									2		2
IT28	2										2
IT29	6										6
IT3						33					33
IT31	5										5
IT32	9										9
IT36				1							1
IT37				1							1
IT39					3						3
IT4						2					2
IT47					1						1
IT48										5	5
IT52								2			2
IT54								2			2
IT55								2			2
IT56							2				2
IT57							1				1
IT59		1									1
IT6						1					1
IT7						76					76
VAD.T1	1212		13	9	44	537	7	4	21	34	1881
10_2016	384		4		17	44		3	2	8	462
Ponente foce T.Quiliano	384		4		17	44		3	2	8	462
IT1						1					1
IT10						1					1
IT12						4					4
IT16						5					5
IT17						1					1
IT18						1					1
IT19						16					16
IT2						1					1

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT23			1								1
IT24			3								3
IT27									2		2
IT29	1										1
IT31	4										4
IT32	378										378
IT33	1										1
IT39					15						15
IT40					1						1
IT45					1						1
IT50										3	3
IT51										5	5
IT53								1			1
IT55								2			2
IT7						14					14
11_2015	488		5	4	19	160	4		3	17	700
Ponente foce T.Quiliano	488		5	4	19	160	4		3	17	700
IT1						1					1
IT10						2					2
IT11						1					1
IT12						11					11
IT13						2					2
IT14						2					2
IT16						2					2
IT18						10					10
IT19						94					94
IT2						3					3
IT24			5								5
IT26									2		2
IT27									1		1
IT29	7										7
IT31	5										5
IT32	469										469
IT33	7										7
IT34				1							1
IT37				3							3
IT39					12						12
IT4						1					1
IT40					1						1
IT42					1						1
IT45					2						2
IT47					3						3
IT5						3					3

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT50										7	7
IT51										10	10
IT56							3				3
IT57							1				1
IT7						28					28
3_2016	302		3	4	4	221	1		13	5	553
Ponente foce T.Quiliano	302		3	4	4	221	1		13	5	553
IT1						1					1
IT10						3					3
IT11						3					3
IT12						27					27
IT13						3					3
IT14						1					1
IT16						7					7
IT18						49					49
IT19						79					79
IT2						8					8
IT24			3								3
IT25									6		6
IT26									2		2
IT27									5		5
IT28	1										1
IT29	11										11
IT30	2										2
IT31	2										2
IT32	286										286
IT34				1							1
IT37				3							3
IT40					4						4
IT49										1	1
IT5						2					2
IT50										3	3
IT51										1	1
IT56							1				1
IT6						1					1
IT7						37					37
3_2017	38		1	1	4	112	2	1	3	4	166
Ponente foce T.Quiliano	38		1	1	4	112	2	1	3	4	166
IT1						1					1
IT12						12					12
IT16						6					6

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT18						26					26
IT19						41					41
IT2						6					6
IT24			1								1
IT27									3		3
IT29	5										5
IT31	1										1
IT32	27										27
IT33	5										5
IT37				1							1
IT39					3						3
IT40					1						1
IT48										1	1
IT50										3	3
IT53								1			1
IT56							1				1
IT57							1				1
IT7						20					20
VAD.T2	450	4	19	7	19	298		9	55	24	885
10_2016	74	1	6	1	4	36		1	5	12	140
Ponente foce T.Quiliano	74	1	6	1	4	36		1	5	12	140
IT10						6					6
IT16						2					2
IT19						11					11
IT20			1								1
IT23			4								4
IT24			1								1
IT26									1		1
IT27									4		4
IT29	1										1
IT32	72										72
IT33	1										1
IT36				1							1
IT39					2						2
IT45					2						2
IT5						1					1
IT50										3	3
IT51										9	9
IT53								1			1
IT59		1									1
IT6						1					1
IT7						15					15
11_2015	332		6		2	78			4	6	428

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
Ponente foce T.Quiliano	332		6		2	78			4	6	428
IT1						1					1
IT10						1					1
IT12						2					2
IT13						1					1
IT19						63					63
IT24			6								6
IT26									2		2
IT27									2		2
IT29	7										7
IT31	5										5
IT32	318										318
IT33	2										2
IT39					1						1
IT45					1						1
IT50										6	6
IT7						10					10
3_2016	31	3	6	5	8	126		4	44	4	231
Ponente foce T.Quiliano	31	3	6	5	8	126		4	44	4	231
IT1						1					1
IT10						1					1
IT12						10					10
IT13						2					2
IT16						5					5
IT18						43					43
IT19						57					57
IT2						2					2
IT24			6								6
IT26									2		2
IT27									42		42
IT29	1										1
IT3						1					1
IT31	3										3
IT32	27										27
IT37				5							5
IT39					7						7
IT4						1					1
IT45					1						1
IT50										3	3
IT51										1	1
IT52								1			1

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT53								3			3
IT59		3									3
IT8						3					3
3_2017	13		1	1	5	58		4	2	2	86
Ponente foce T.Quiliano	13		1	1	5	58		4	2	2	86
IT1						8					8
IT10						2					2
IT12						2					2
IT14						1					1
IT16						2					2
IT18						21					21
IT19						12					12
IT2						3					3
IT24			1								1
IT27									2		2
IT29	2										2
IT32	6										6
IT33	5										5
IT34				1							1
IT38					1						1
IT39					1						1
IT41					1						1
IT45					2						2
IT48										1	1
IT5						1					1
IT50										1	1
IT53								4			4
IT7						6					6
VAD.T3	775	1	32	14	26	331	3	9	20	25	1236
10_2016	61		3	5	5	70	1		6	10	161
Ponente foce T.Quiliano	61		3	5	5	70	1		6	10	161
IT1						3					3
IT10						17					17
IT12						7					7
IT13						4					4
IT16						4					4
IT18						2					2
IT19						24					24
IT2						1					1
IT20			2								2
IT23			1								1

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT26									1		1
IT27									5		5
IT29	8										8
IT31	1										1
IT32	52										52
IT34				1							1
IT36				3							3
IT37				1							1
IT39					2						2
IT40					2						2
IT45					1						1
IT5						1					1
IT51										10	10
IT56							1				1
IT7						7					7
11_2015	558	1	25	7	16	83	1	5	5	13	714
Ponente foce T.Quiliano	558	1	25	7	16	83	1	5	5	13	714
IT1						6					6
IT12						6					6
IT13						3					3
IT16						4					4
IT18						15					15
IT19						21					21
IT20			1								1
IT23			21								21
IT24			3								3
IT26									1		1
IT27									4		4
IT29	9										9
IT32	545										545
IT33	4										4
IT34				1							1
IT36				2							2
IT37				4							4
IT39					11						11
IT40					2						2
IT45					2						2
IT47					1						1
IT48										1	1
IT5						1					1
IT50										12	12
IT55								5			5
IT56							1				1

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT59		1									1
IT7						27					27
3_2016	88		2	1	2	115	1	3	7	1	220
Ponente foce T.Quiliano	88		2	1	2	115	1	3	7	1	220
IT1						6					6
IT12						15					15
IT16						1					1
IT18						37					37
IT19						22					22
IT20			2								2
IT27									7		7
IT29	2										2
IT32	86										86
IT37				1							1
IT39					2						2
IT50										1	1
IT54								3			3
IT56							1				1
IT6						1					1
IT7						33					33
3_2017	68		2	1	3	63		1	2	1	141
Ponente foce T.Quiliano	68		2	1	3	63		1	2	1	141
IT1						2					2
IT10						3					3
IT12						5					5
IT16						2					2
IT18						15					15
IT19						23					23
IT2						2					2
IT20			1								1
IT24			1								1
IT26									1		1
IT27									1		1
IT29	61										61
IT32	4										4
IT33	3										3
IT34				1							1
IT39					1						1
IT40					1						1
IT47					1						1
IT50										1	1

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT53								1			1
IT7						11					11
VAR.T1	35		5		12	63	1		4	1	121
10_2016	9				2	10			1	1	23
Baia dei Saraceni	9				2	10			1	1	23
IT11						2					2
IT19						6					6
IT27									1		1
IT33	9										9
IT47					2						2
IT51										1	1
IT7						1					1
IT9						1					1
11_2015	12		2		1	31	1				47
Baia dei Saraceni	12		2		1	31	1				47
IT1						1					1
IT16						1					1
IT19						15					15
IT23			1								1
IT24			1								1
IT29	2										2
IT32	8										8
IT33	2										2
IT47					1						1
IT58							1				1
IT7						14					14
3_2016	4		1		5	2			1		13
Baia dei Saraceni	4		1		5	2			1		13
IT12						2					2
IT24			1								1
IT27									1		1
IT32	4										4
IT47					5						5
3_2017	10		2		4	20			2		38
Baia dei Saraceni	10		2		4	20			2		38
IT1						1					1
IT10						1					1
IT12						1					1
IT16						2					2
IT18						3					3
IT19						9					9
IT24			2								2

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT25									1		1
IT26									1		1
IT28	1										1
IT29	1										1
IT32	7										7
IT33	1										1
IT39					3						3
IT47					1						1
IT7						3					3
VAR.T2	8		3		23	16			1	2	53
10_2016					1						1
Baia dei Saraceni					1						1
IT39					1						1
11_2015	3		1		4	9				1	18
Baia dei Saraceni	3		1		4	9				1	18
IT10						1					1
IT19						4					4
IT20			1								1
IT29	1										1
IT32	2										2
IT39					3						3
IT46					1						1
IT50										1	1
IT6						1					1
IT7						3					3
3_2016	2		2		14	1					19
Baia dei Saraceni	2		2		14	1					19
IT10						1					1
IT23			1								1
IT24			1								1
IT29	2										2
IT39					6						6
IT40					1						1
IT45					1						1
IT47					6						6
3_2017	3				4	6			1	1	15
Baia dei Saraceni	3				4	6			1	1	15
IT1						1					1
IT18						1					1
IT19						4					4
IT26									1		1
IT32	3										3

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT39					3						3
IT40					1						1
IT50										1	1
VAR.T3	36		5	4	13	49	2	1	1	1	112
10_2016	1				1	1	1				4
Baia dei Saraceni	1				1	1	1				4
IT19						1					1
IT31	1										1
IT47					1						1
IT56							1				1
11_2015	27		3	1	6	21	1	1		1	61
Baia dei Saraceni	27		3	1	6	21	1	1		1	61
IT12						1					1
IT16						3					3
IT19						11					11
IT23			1								1
IT24			2								2
IT29	2										2
IT31	2										2
IT32	22										22
IT33	1										1
IT34				1							1
IT39					4						4
IT40					1						1
IT47					1						1
IT50										1	1
IT55								1			1
IT58							1				1
IT7						6					6
3_2016	4		2	2	4	21			1		34
Baia dei Saraceni	4		2	2	4	21			1		34
IT1						2					2
IT12						6					6
IT16						2					2
IT19						8					8
IT22			1								1
IT24			1								1
IT26									1		1
IT30	1										1
IT31	1										1
IT32	2										2
IT37				2							2

Uscite	Carta cartone	Feci	Gomma	Legno	Metallo	Plastica e Polistirene	Rifiuti medici	Rifiuti sanitari	Tessuti	Vetro	Tot
IT39					2						2
IT40					1						1
IT47					1						1
IT7						3					3
3_2017	4			1	2	6					13
Baia dei Saraceni	4			1	2	6					13
IT19						5					5
IT29	1										1
IT32	3										3
IT36				1							1
IT39					1						1
IT42					1						1
IT7						1					1
Totale complessivo	3128	13	672	98	592	11511	125	108	382	152	16781